



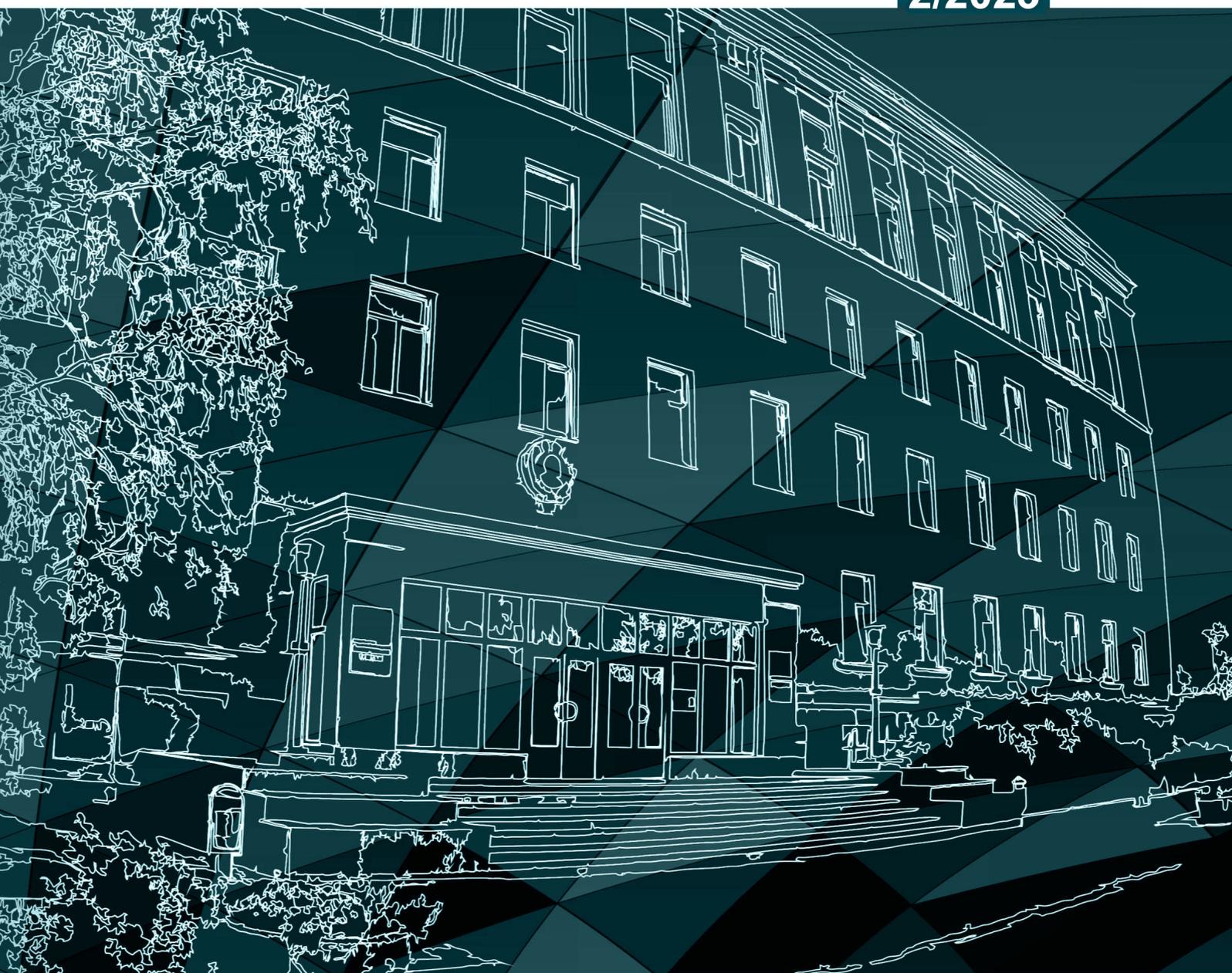
ФИЦ  
КНЦ  
РАН

- НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ СТАТЬИ
- ЖИЗНЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
- ЮБИЛЕИ И ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫЕ ДАТЫ
- РЕЦЕНЗИИ. БИБЛИОГРАФИИ
- ПАМЯТИ УШЕДШИХ

# ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

2/2023





# ВЕСТНИК

## Кольского научного центра РАН

Научно-информационный журнал.

Включен в систему Российского индекса научного цитирования.

Учредитель – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук».

Адрес учредителя, издателя и типографии:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр РАН»  
184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, 14

E-mail: [vestnik2@ksc.ru](mailto:vestnik2@ksc.ru)

Главный редактор, председатель Редакционного совета  
С. В. КРИВОВИЧЕВ, академик РАН, д. г.-м. н., проф.

Заместитель главного редактора  
Е. А. БОРОВИЧЕВ, к. б. н.

Ответственный секретарь А. С. КАРПОВ, к. т. н.

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

В. А. МАСЛОБОЕВ, д. т. н.

Н. К. БЕЛИШЕВА, д. б. н.

Н. Е. КОРОЛЕВА, к. б. н.

В. Е. ИВАНОВ, д. ф.-м. н.

А. А. КОЗЫРЕВ, д. т. н., проф.,  
заслуженный деятель науки РФ

В. В. МЕГОРСКИЙ, к. м. н.

Д. В. МОИСЕЕВ, к. г. н. (ММБИ РАН)

А. Г. ОЛЕЙНИК, д. т. н.

Т. В. РУНДКВИСТ, к. г.-м. н.

С. В. ФЕДОСЕЕВ, д. э. н.

### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Б. В. ЕФИМОВ, д. т. н., проф., заслуженный энергетик РФ**

В. К. ЖИРОВ, чл.-корр. РАН, д. б. н., проф.

Б. В. КОЗЛОВ, д. ф.-м. н. (ПГИ)

Н. Е. КОЗЛОВ, д. г.-м. н., проф.

С. А. КУЗНЕЦОВ, д. х. н.

Ф. Д. ЛАРИЧКИН, д. э. н., проф.,  
заслуженный экономист РФ

С. В. ЛУКИЧЕВ, д. т. н.

Д. В. МАКАРОВ, д. т. н.

Г. Г. МАТИШОВ, академик РАН, д. г. н., проф.  
(ЮНЦ РАН)

А. И. НИКОЛАЕВ, чл.-корр. РАН, д. х. н., проф.,  
заслуженный деятель науки РФ

И. А. РАЗУМОВА, д. и. н., проф.

Ответственный редактор выпуска  
Е. А. БОРОВИЧЕВ

Выпускающий редактор Н. В. ЩУР

Корректор Н. Ю. ЧЕРНОВА

Подписано в печать 15.09.2023

Публикация статей не является свидетельством того, что издатель разделяет мнения их авторов; ответственность за суждения и оценки, выраженные в публикуемых статьях, лежит исключительно на авторах. С правилами для авторов статей, редакционной политикой журнала, а также с архивом выпущенных номеров можно ознакомиться на сайте журнала по адресу: <https://rio.ksc.ru/zhurnaly/vestnik>

# HERALD

of the Kola Science Centre of RAS

Scientific Publication.

The journal has been included in the Russian Science Citation Index (RISC)

**Publisher – Federal State Budgetary Science Institution Federal Research Centre  
"Kola Science Centre of RAS"**

184209, Apatity, Fersman str., 14, Murmansk Region  
E-mail. vestnik2@admksk.apatity.ru

#### Editor-in-Chief and Chairman of the Editorial Council

**S.V. KRIVOVICHEV, Academician of RAS,  
Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), Prof.**

**Vice Editor-in-Chief E. A. BOROVICHEV, PhD (Bio)**

**Responsible Secretary A. S. KARPOV,  
PhD (Eng.)**

#### EDITORIAL BOARD

**V. A. MASLOBOEV, Dr. Sci. (Eng.)**

**N. K. BELISHEVA, Dr. Sci. (Bio)**

**N. E. KOROLEVA, PhD (Bio)**

**V. E. IVANOV, Dr. Sci. (Phys. & Math.)**

**A. A. KOZYREV, Dr. Sci. (Eng.),  
Honoured Scientist of the RF, Prof.**

**V. V. MEGORSKY, PhD (Medicine)**

**D. V. MOISEEV, PhD (Geography), MMBI RAS**

**A. G. OLEJNIK, Dr. Sci. (Eng.)**

**T. V. RUNDKVIST, PhD (Geol. & Mineral.)**

**S. V. FEDOSEEV, Dr. Sci. (Econ.)**

#### EDITORIAL COUNCIL

**B. V. EFIMOV, Dr. Sci. (Eng.),  
Honoured Power Engineer of the RF, Prof.**

**V. K. ZHIROV, Corr. Member of RAS, Dr. Sci. (Bio), Prof.**

**B. V. KOZELOV, Dr. Sci. (Phys. & Math.), PGI**

**N. E. KOZLOV, Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), Prof.**

**S. A. KUZNETZOV, Dr. Sci. (Chem.)**

**F. D. LARICHKIN, Dr. Sci. (Econ.),  
Honoured Economist of the RF, Prof.**

**S. V. LUKICHEV, Dr. Sci. (Eng.)**

**D. V. MAKAROV, Dr. Sci. (Eng.)**

**G. G. MATISHOV, Academician of RAS, Dr. Sci. (Geography),  
Prof., SRS RAS;**

**A. I. NIKOLAEV, Corr. Member of RAS, Dr. Sci. (Chem.),  
Honoured Scientist of the RF, Prof.**

**I. A. RAZUMOVA, Dr. Sci. (History), Prof.**

Executive Editor: E. A. BOROVICHEV

Issuing Editor: N. V. SHCHUR

Proofreader: N. Yu. CHERNOVA

Statements and opinions expressed in the articles are those of the author(s) and not necessarily those of the Publisher. The Publisher disclaims any responsibility or liability for the published materials. Information for authors, our policy and archive: <https://rio.ksc.ru/zhurnaly/vestnik>

## НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ СТАТЬИ

М. В. Слуковская, Л. А. Иванова, М. В. Корнейкова, М. В. Коворотная, Д. В. Морев, А. С. Сошина, А. А. Чапор- гина, А. Г. Петрова, А. А. Широкая	РЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В СУБАРКТИКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕРПЕНТИНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	7
А. Ю. Соколов, Е. А. Щелокова, А. Г. Касиков	ЭКСТРАКЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗА(III) ИЗ РАСТВОРОВ СЛОЖНОГО СОСТАВА	21
А. А. Череповицына, Е. А. Кузнецова, И. П. Дорожкина	УЛАВЛИВАНИЕ, ХРАНЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА: МИРОВОЙ ОПЫТ, СТОИМОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РОССИИ	28
О.А. Бодрова, Я.А. Стогова	ЛЕТОПИСЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН. 2016 ГОД	39
Е. Ф. Марковская, Н. Ю. Шмакова, Н. С. Рак	ЛЮДМИЛА МОИСЕЕВНА ЛУКЬЯНОВА: ИСТОРИЯ ЖИЗНИ ДЛИНОЙ В 95 ЛЕТ ПРОДОЛЖАЕТСЯ...	51

## ЖИЗНЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА. ХРОНИКИ

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВОПРОСАМ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ СОСТОЯЛАСЬ В АПАТИТАХ	57
ИСТОРИЮ ГУМАНИТАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ ОБСУДИЛИ ПРЕДСТАВИТЕЛИ РАЗНЫХ НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ	58
ИНСТИТУТ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРОВЕЛ ЮБИЛЕЙНУЮ КОНФЕРЕНЦИЮ	60
В АПАТИТАХ ПРОШЛА МОЛОДЕЖНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ»	63
ВТОРАЯ ШКОЛА-ПРАКТИКА ПОЛЯРНЫХ ЛИМНОЛОГОВ	65
ГЕОЛОГИЯ – НАУКА О ПРОШЛОМ, НО ЕЕ БУДУЩЕЕ НАСТУПАЕТ ПРЯМО СЕЙЧАС	66
ЦИФРОВОЙ РУДНИК В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ: ОСТРЫЕ ЗАДАЧИ И БОЛЬШИЕ ВЫЗОВЫ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ГОРНОГО ДЕЛА	72
МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ И СПЕЦИАЛИСТЫ ВСТРЕТИЛИСЬ С РУКОВОДИТЕЛЕМ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА	79
НАГРАДИЛИ ВЫДАЮЩИХСЯ СОТРУДНИКОВ	82
МОЛОДЫЕ ДОКТОРА НАУК	84
КАНДИДАТЫ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК РАБОТАЮТ В ИНСТИТУТЕ ХИМИИ	85
ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНГРЕСС РОССИЙСКОЙ БИБЛИОТЕЧНОЙ АССОЦИАЦИИ ПРОШЕЛ В МУРМАНСКЕ	86
РУКОВОДИТЕЛИ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА ВОШЛИ В СОСТАВ МЕЖВЕДОМСТВЕННОГО НАУЧНОГО СОВЕТА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК	87
СЕМИНАР О НОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ОРГАНИЗОВАЛ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОТДЕЛ КНЦ РАН	88
МОЛОДЫЕ ИННОВАТОРЫ ИНСТИТУТА ХИМИИ	89

## СОДЕРЖАНИЕ

## ЮБИЛЕИ И ЗНАМЕНАТЕЛЬНЫЕ ДАТЫ

К ЮБИЛЕЮ ИРИНЫ МИХАЙЛОВНЫ КОРОЛЕВОЙ	91
К ЮБИЛЕЮ НИКОЛАЯ МИХАЙЛОВИЧА КУДРЯШОВА	92
К ЮБИЛЕЮ ВЛАДИМИРА ВЛАДИМИРОВИЧА МЕГОРСКОГО	92
К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА КОЗЫРЕВА	93
К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ ИВАНОВИЧА ЮДИНА	94
К ЮБИЛЕЮ ЯКОВА АЛЕКСЕЕВИЧА ПАХОМОВСКОГО	95
КО ДНЮ РОЖДЕНИЯ ИРИНЫ АЛЕКСЕЕВНЫ РАЗУМОВОЙ	96
К ЮБИЛЕЮ ЕЛЕНА ИВАНОВНЫ МАКАРОВОЙ	97
К ЮБИЛЕЮ ЛЮБОВИ ПАВЛОВНЫ КУДРЯВЦЕВОЙ	98
К ЮБИЛЕЮ ИВАНА ГУНДАРОВИЧА ТАНАНАЕВА	98
К ЮБИЛЕЮ ЮРИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА КУЗЬМИЧА	99
КО ДНЮ РОЖДЕНИЯ ВЕРЫ ДЕНИСОВНЫ КОНСТАНТИНОВОЙ	100

## РЕЦЕНЗИИ. БИБЛИОГРАФИИ

МУЗЕЙНАЯ ИСТОРИЯ, ЛЕТОПИСЬ КРАЯ И СТРАНИЦЫ БИОГРАФИЙ ЕГО ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ: ВСЕ ЭТО В НОВОЙ КНИГЕ!	102
АРКТИКА И ГАЗ: ВЫШЛА В СВЕТ НОВАЯ МОНОГРАФИЯ ОТ ИЭП КНЦ РАН	106
ПОРА ОЗДОРАВЛИВАТЬ АРКТИКУ: КАК ОЧИСТИТЬ И ВОССТАНОВИТЬ ЗАГРЯЗНЕННЫЕ НЕФТЬЮ ТЕРРИТОРИИ С ПОМОЩЬЮ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ	107
МЕТОД ЭФФЕКТИВНОГО И ЭКОНОМИЧНОГО ПОЛУЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ЭВДИАЛИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА ЛОВОЗЕРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	108
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА ИМАНДРА В НОВОЙ КНИГЕ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА	111

## ПАМЯТИ УШЕДШИХ

ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА ВАСИЛЬЕВИЧА ЛОВЧИКОВА	114
ПАМЯТИ ЮРИЯ НИКОЛАЕВИЧА НЕРАДОВСКОГО	115
ПАМЯТИ ЛЮДМИЛЫ АЛЕКСАНДРОВНЫ САФОНОВОЙ	116
ПАМЯТИ ВАДИМА КОНСТАНТИНОВИЧА КИТАЕВА	117
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»	119

## РЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В СУБАРКТИКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕРПЕНТИНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

М. В. Слуковская<sup>1,2</sup>, Л. А. Иванова<sup>3,4</sup>, М. В. Корнейкова<sup>4,5</sup>, М. В. Коворотняя<sup>6</sup>, Д. В. Морев<sup>7</sup>, А. С. Сошина<sup>4</sup>, А. А. Чапоргина<sup>4</sup>, А. Г. Петрова<sup>1,8</sup>, А. А. Широкая<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Лаборатория природоподобных технологий и техносферной безопасности Арктики Центра наноматериаловедения КНЦ РАН; <sup>2</sup>Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева КНЦ РАН; <sup>3</sup>Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН; <sup>4</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН; <sup>5</sup>Аграрно-технологический институт РУДН; <sup>6</sup>ООО «Эко-Экспресс-Сервис»; <sup>7</sup>Кафедра экологии, РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева; <sup>8</sup>Петрозаводский государственный университет. m.slukovskaya@ksc.ru

Статья обобщает результаты 10 лет полевых экспериментальных исследований по ремедиации почв (абразом по подзолу, торфяные почвы) техногенно нарушенных территорий с высоким уровнем загрязнения тяжелыми металлами (медь, никель) в импактной зоне комбинатов цветной металлургии в Мурманской области. В качестве корнеобитаемого слоя или добавки к загрязненной почве использовались серпентиновые горнопромышленные отходы. По результатам исследований почв, растительного и микробного сообществ показано, что в таких условиях происходит мелиорация почв, устойчивое существование искусственных экосистем и развитие почвообразовательного процесса

### Ключевые слова:

ремедиация, серпентин, тяжелые металлы, фотосинтетическая активность, функциональный профиль микробного сообщества, микромицеты, почвообразование

## REMEDIATION OF SOILS OF INDUSTRIALLY POLLUTED TERRITORIES IN THE SUBARCTIC WITH THE USE OF SERPENTINE MATERIALS

M. V. Slukovskaya<sup>1,2</sup>, L. A. Ivanova<sup>3,4</sup>, M. V. Korneykova<sup>4,5</sup>, M. V. Kovorotniaia<sup>6</sup>, D. V. Morev<sup>7</sup>, A. S. Soshina<sup>4</sup>, A. A. Chaporgina<sup>4</sup>, A. G. Petrova<sup>1,8</sup>, A. A. Shirokaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Nature-Inspired Technologies and Environmental Safety of the Arctic KSC RAS; <sup>2</sup>Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials KSC RAS; <sup>3</sup>Avrora Polar-Alpine Botanical Garden-Institute KSC RAS; <sup>4</sup>Institute of North Industrial Ecology Problems KSC RAS; <sup>5</sup>Agrarian-Technological Institute, RUDN University; <sup>6</sup>LLC Eco-Express Service; <sup>7</sup>Department of Ecology, RSAU – MTAA; <sup>8</sup>Petrozavodsk State University. m.slukovskaya@ksc.ru

The article summarizes the results of 10 years of field experimental studies on soil remediation (podzols, peat soils) of industrially disturbed areas with a high level of heavy metal pollution (copper, nickel) in the impact zone of non-ferrous metallurgy plants in the Murmansk region. Serpentine mining waste was used as a root layer or additive to contaminated soil. According to the results of studies of soils, plant and microbial communities, it has been shown that under such conditions, soil reclamation, the sustainable existence of artificial ecosystems, and the development of the soil-forming process take place.

### Keywords:

remediation, serpentine, heavy metals, carbon dioxide emissions, functional profile of the microbial community, micromycetes, soil formation

## Введение

Циркумпольярные области суши характеризуются низкой скоростью биохимических циклов живых организмов и длительным периодом или невозможностью естественного восстановления экосистем после антропогенных нарушений, в связи с чем развитие цветной металлургии и добыча полезных ископаемых на ряде территорий Арктической зоны РФ повлекли за собой катастрофические последствия [Kozlov, Zvereva, 2007]. В Мурманской области одними из основных источников загрязнения экосистем долгое время являлись предприятия по переработке медно-никелевых руд, деятельность которых оказывает негативное влияние на состояние почвенно-растительного покрова и здоровье человека [Кашулина, 2017; Иванов и др., 2020]

Тяжелые металлы (ТМ) способны накапливаться в почвах и мигрировать по пищевым сетям в течение длительного времени, поскольку практически не подвергаются микробиологической или химической деструкции [Воробейчик, 2017; Волкодаева и др., 2019; Бушуева и др., 2022]. В зависимости от интенсивности и длительности антропогенной нагрузки, загрязненные ТМ территории могут быть отнесены к зонам экологического риска, кризиса или бедствия. Основными факторами деградации экосистем на загрязненных ТМ территориях являются токсичность почв, деградация органического вещества и нарушение макроэлементных циклов [Kabata-Pendias, 2000; Manninen et al., 2015; Antoniadis et al., 2017]. Функционирование почв, загрязненных ТМ, как правило, нарушено [Morel et al., 2015; Ding et al., 2018].

Почвы с высоким содержанием ТМ в подвижной форме характеризуются стрессовым состоянием биоценозов, угнетением растительного и микробного сообщества, малыми напочвенными потоками углерод- и азотсодержащих газов; даже не претерпевшие видимых морфологических изменений почвы являются ортоэкстремальными по степени доступности ресурсов и могут быть отнесены к классу антропогенно-экстремальных

почв с точки зрения факторной экстремальности [Горячкин, 2022].

Процесс восстановления экосистем в таких условиях зависит от успешности регенерации растительности, в связи с чем снижение токсичности почв как основного лимитирующего фактора является приоритетным шагом при рекультивации территорий [Воробейчик, 2022; Peng et al., 2018]. Для больших по площади территорий чрезвычайно важен экономический аспект, в связи с чем актуальной является разработка технологий детоксикации загрязненных ТМ почв с использованием щелочных отходов горнопромышленных предприятий [Kremenetskaya et al., 2019].

Среди таких материалов в Мурманской области наиболее перспективным является использование отходов добычи флогопита (г. Ковдор), поскольку в них содержатся сорбционно активные минералы вермикулит и лизардит [Kremenetskaya et al., 2019; Slukovskaya et al., 2022]. Кроме того, данные материалы обладают мелиоративными свойствами, поскольку являются источником доступных растениям кальция и магния, а также активного кремния [Mikhaylova et al., 2018; Слуковская и др., 2022].

Следует подчеркнуть, что развитие растений в северных широтах имеет специфику, связанную с коротким вегетационным сезоном, наличием полярного дня, особенностями функционирования транспортной системы растений. Создание растительного покрова в неблагоприятных климатических условиях Арктической зоны РФ лимитировано такими неблагоприятными факторами, как низкие температуры, частые и обильные осадки, сильные ветра, дефицит и бедность почвенных ресурсов [Вихман, 2011; Иванова и др., 2012].

Цель статьи – обобщение результатов, полученных в течение 10 лет полевых экспериментов по применению серпентинсодержащих горнопромышленных отходов для создания искусственных растительных сообществ в импактных зонах медно-никелевых предприятий Мурманской области.

## Материал и методика исследований

### Пробные площадки: материалы и схемы экспериментов

В полевых экспериментах использовались следующие виды серпентинсодержащих отходов: серпентинитомагнезит (СМ) – вскрышная порода Халиловского месторождения магнезита (Оренбургская обл.), сунгулит (лизардит) из вмещающих пород Хабозерского месторождения оливинита (СГ) и вермикулит-лизардитовые отходы (ВСО) добычи флогопита (Мурманская обл.). Пробные площадки с СМ, а также карбонатитовыми отходами (Мурманская обл., г. Ковдор) были заложены в 2010 и 2011 гг. на участках с подзолом абрадированным и торфяной почвой в 1.5 км (участок 1) и 0.7 км (участок 2) от медно-никелевого предприятия возле г. Мончегорск. Также в 2011 г. на участке 2 был начат эксперимент с термоактивированным СМ (СМт/а) и СГ (СГт/а), внесенными в торфяную почву в объемной доле 20%. Пробные площадки с ВСО были заложены в 2013 г. на участке 2, а также в 2014 г. – на участке 3, находившимся в 1 км от медно-никелевого предприятия в г. Заполярный (Slukovskaya et al., 2018).

### Методы

Измерение фотосинтетической активности растений проводили в июле и сентябре 2020 года с помощью портативного флуориметра FluorPen-100 после темновой адаптации в течение 20 минут с помощью специальных клипс, блокирующих попадание света на листовую пластину. Для каждого варианта эксперимента было выполнено не менее 10 измерений фотосинтетической активности в средних частях листьев.

Содержание аммонийного и нитратного азота анализировали в течение 1-2 суток после отбора проб в июне и сентябре 2020 г. Пробу почвы (фр. -2 мм) в количестве 20 г помещали в пластиковые колбы. Для определения аммонийного азота экстрагирование производили дистиллированной водой (50 мл) в течение 5 минут. Полученную суспензию центрифугировали. Для определе-

ния нитратного азота экстрагирование выполняли раствором алюмокалиевых квасцов с концентрацией 1% при том же соотношении т/ж. Суспензии встряхивали в течение 30 минут на перемешивающем устройстве ПЭ-6410 М и центрифугировали.

Центрифугирование суспензий для отделения жидкой фазы от твердой осуществляли на центрифуге ОПН-8 в течение 15 минут при скорости вращения 7000 об/мин. Далее надосадочный раствор пропускали через мембранный фильтр МФАС-ОС-2 (размер пор 0,45 мкм, диаметр 47 мм, производство НПО «Владипор») при помощи вакуумного насоса (НВМ-5). Полученный раствор анализировали на анализаторе жидкости ЭКСПЕРТ-001.

Анализ подвижных форм фосфора и калия проводили по методике Кирсанова в модификации ЦИНАО (для кислых почв, ГОСТ Р54650-2011) и Мачигина в модификации ЦИНАО (для щелочных почв, ГОСТ 26205-91).

Физиологический профиль микробного сообщества определяли методом MicroResp™ [Campbell et al., 2003; Marinari et al., 2013; Moscatelli et al., 2018]. Функциональное разнообразие микроорганизмов оценивали с помощью индекса Шеннона.

Электронные изображения получали в Институте географии РАН с помощью растрового электронного микроскопа JEOL 6610 LV сопряженного с системой энергодисперсионного и волнового рентген-спектрометрического анализа Oxford Instruments INCA Xact и INCA Wave. Для специфической подготовки образца перед микроскопированием применялась система холодно-плазменной металлизации JEOLJFC1600.

## Результаты и обсуждение

### Состояние растительного покрова

Растительный покров сформирован с использованием злаковых растений и слоя вспученного вермикулита, нанесенного на щелочные материалы барьеров для улучшения прорастания семян. Исследованы экосистемы на двух экспериментальных участках – на подзоле абрадированном и торфяной почве [Slukovskaya et al., 2021].



Рис. 1. Внешний вид экспериментальных участков

Внешний вид экспериментальных участков представлен на рис. 1.

Растительный покров характеризовался 80-100% проективным покрытием с диффузно-сомкнутым характером смыкаемости травостоя, большой биомассой надземных органов (400-580 г/м<sup>2</sup> воздушно-сухой массы). Влажность растений на участке с подзолом (52-54%) была существенно ниже по сравнению с участком с торфяной почвой (60-61%), что связано с высоким положением данного

участка в мезорельефе. Растительный покров на песке, использованный в качестве материала сравнения, был крайне угнетен, имел проективное покрытие не более 20%, при этом биомасса листьев составляла 50 г/м<sup>2</sup>, высота растений не превышала 15 см, генеративные органы в конце вегетационного сезона отсутствовали (рис. 2).

С применением методов математической статистики материалы, использованные для создания фитоценозов, разделены на четы-

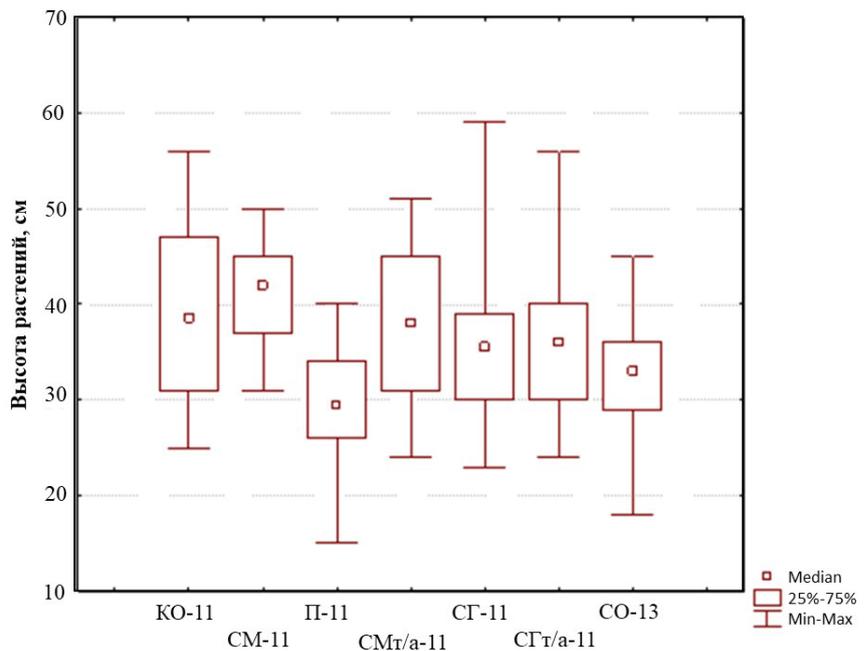


Рис. 2. Высота растений на площадках участка с торфяной почвой

Таблица 1.  
Результаты статистического анализа данных о высоте растений на площадках участка с торфяной почвой

Тест Дункана	Маркировка	Число измерений	Уровень значимости $p = 0.05$			
			1	2	3	4
	П-11	30	29,9			
	СО-13	30	32,9	32,9		
	СГ	30		35,2	35,2	
	СГТ-11	30		36,1	36,1	
	СМТ-1	30			37,2	37,2
	КО-11	30			38,8	38,8
	СМ-11	30				41,0
	p-value		0,104	0,112	0,084	0,054

ре группы. По степени оказания влияния на рост и развитие растений к наименее благоприятным можно отнести песок и ВСО, средним – СГ, СГТ/а и ВСО, хорошим – СГ, СГТ/а и СМТ/а, и очень хорошим – СМ, СМТ/а и КО. Все субстраты, кроме песка и СМ (занимают крайние позиции в ранжированном перечне субстратов), отнесены к двум соседним группам. Таким образом, показано, что использованные в полевом эксперименте горнопромышленные отходы могут быть классифицированы, несмотря на незначительные отличия по способности к улучшению условий произрастания растений на высокозагрязненной почве (табл. 1).

Показатель  $F_v/F_m$ , характеризующий максимальный фотохимический квантовый выход фотосистемы II растений, является наименее чувствительным к световым и температурным флуктуациям, в связи с чем он был выбран для оценки фотосинтетической активности растений, имеет теоретический максимум, равный 0.83. Фотосинтетическая активность растений в большинстве вариантов на серпентиновых геохимических барьерах в середине и конце вегетационного сезона была схожей и имела близкие к теоретическому максимуму значения  $F_v/F_m$  0.75-0.8, тогда как на песке он не превышал 0.73 (рис. 3).

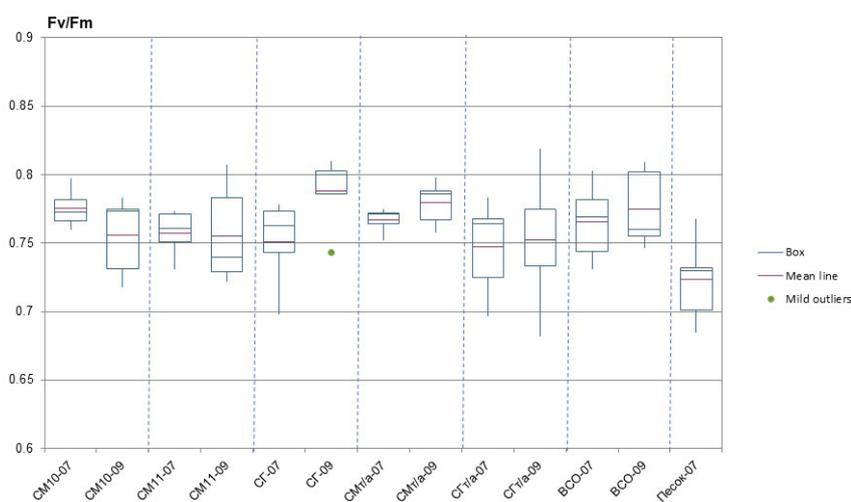


Рис. 3.  
Максимальный фотохимический квантовый выход фотосистемы II растений на серпентиновых геохимических барьерах и песке в середине (07) и конце (09) вегетационного сезона

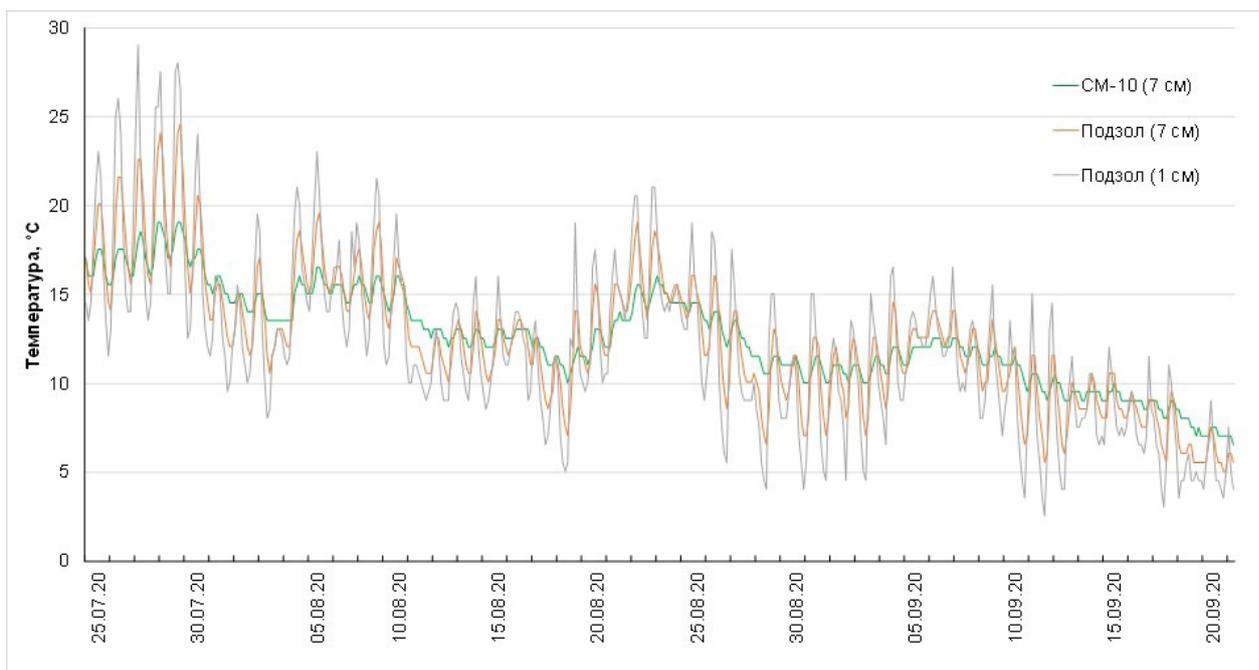


Рис. 4. Температура почвы в серпентиновом геохимическом барьере на глубине 7 см и в подзоле техногенной пустоши на глубине 0 и 7 см (участок 1)

Измерение температуры и влажности почв с помощью регистраторов iButton показали, что растительный покров на геохимическом барьере существенно сглаживал колебания температуры и влажности. Переход температур через  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  на участке с растительностью на глубине 7 см произошел 10 сентября, тогда как на исходном подзоле техногенной пустоши температуры ниже  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  были зарегистрированы в начале августа на поверхности подзола и в середине августа – на глубине 7 см (рис. 4).

Таким образом, растительный покров существенно стабилизирует температуру и влажность почвы, увеличивает влажность, частично нивелирует высокие и низкие стрессовые значения температур, что в свою очередь способствует стабильному развитию микробного сообщества и разложению растительных остатков.

#### Агрохимическая характеристика геохимических барьеров

Содержание наиболее лабильного аммонийного азота в исходном подзоле составляло менее 1 мг/кг в сентябре, а в июне было ниже предела обнаружения метода (рис. 5). В исход-

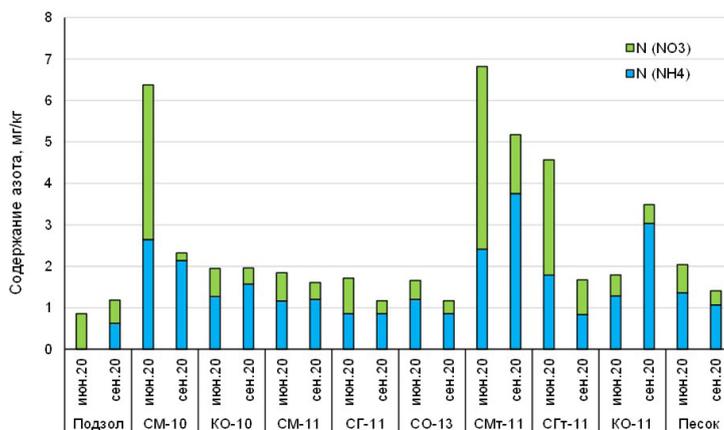


Рис. 5. Содержание аммонийного и нитратного азота в почвах в начале и конце вегетационного сезона

ной торфяной почве, наоборот, оно было очень высоким – 30–46 мг/кг. В июне в экспериментальные варианты вносили комплексное удобрение, содержащее около 6 г азота на 1 м<sup>2</sup>. Для большинства вариантов содержание аммонийного и нитратного азота в начале и конце вегетационного периода было примерно равным (менее 2 мг/кг), т.е. практически весь внесенный азот в период с июня по сентябрь поступил в круговорот и был утилизирован

или переведен экосистемами в связанное состояние. Исходный подзол характеризовался крайне низкой (1 класс) степенью обеспеченности подвижными формами калия и средней (4 класс) – фосфора (табл. 2). В то же время, обеспеченность торфяной почвы подвижными соединениями для обоих питательных элементов относилась к 4 классу, а серпентиновых геохимических барьеров – к 4-6 классам в большинстве вариантов.

Таблица 1.  
Содержание и обеспеченность почв подвижными фосфором и калием

Слой	Вариант	рН	Концентрация, мг/кг				Обеспеченность, балл	
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	±δ	K <sub>2</sub> O	±δ	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Верхний слой	Подзол 0-5 см	5,53	121	24,2	14	2,8	4	1
	Торф 0-5 см, техногенная пустошь	3,99	203	40,6	325	48,8	4	4
	КО-10 (0-5 см)	7,81	203	30,5	178	17,8	6	3
	СМ-10 (0-5 см)	7,26	157	23,6	516	51,6	6	6
	СГ-11 (0-5 см)	7,76	51	7,7	176	17,6	5	3
	СГт/а-11 (0-5 см)	7,99	510	76,5	320	32	6	5
	Песок-11 (0-5 см)	5,42	1025	205	357	53,6	6	6
	СМ-11 (0-5 см)	7,91	110	16,5	292	29,2	6	4
	СМт/а 11 (0-5 см)	8,35	512	76,8	798	79,8	6	6
	КО-11 (0-5 см)	7,81	97	14,6	74	7,4	6	2
	СО-13 (0-5 см)	7,60	85	12,8	230	23	6	4
Нижний слой	КО-10 (5-10 см)	6,76	81,5	16,3	692	103,8	3	6
	СМ-10 (5-10 см)	7,47	140	21,0	337	33,7	6	5
	СГ-11 (5-10 см)	5,93	332	66,4	401	60,2	4	5
	СГт/а-11 (5-10 см)	8,05	300	45,0	1070	107	6	6
	Песок-11 (5-10 см)	4,69	966	193,2	287	43,1	6	4
	СМ-11 (5-10 см)	6,28	534	106,8	540	81,0	5	5
	КО-11 (5-10 см)	6,90	4501	900,2	605	90,8	6	6
СО-13 (5-10 см)	6,00	3256	651,2	334	50,1	6	4	

Курсивом выделены варианты, проанализированные по методике Мачигина для щелочных почв, обычным шрифтом – по методике Кирсанова для кислых и нейтральных почв.

Таблица 3. Содержание общего ( $C_{\text{общ}}$ , %) и органического углерода ( $C_{\text{орг}}$ , %), углерода микробной биомассы ( $C_{\text{мик}}$ ,  $\text{мкг С г}^{-1}$ ), базальное дыхание (БД,  $\text{мкг С г}^{-1} \text{ч}^{-1}$ ), доля  $C_{\text{мик}}$  в  $C_{\text{орг}}$  ( $C_{\text{мик}} : C_{\text{орг}}$ ) и микробный метаболический коэффициент ( $q\text{CO}_2$ ,  $\text{мкг С мг}^{-1} \text{Смик ч}^{-1}$ ) в слоях 0-5 см, 5-10 и 10-15 см геохимических барьеров (по Slukovskaya et al., 2021)

Вариант	Слой, см	$C_{\text{общ}}$	$C_{\text{орг}}$	$C_{\text{мик}}$	БД	$C_{\text{мик}} : C_{\text{орг}}$	$q\text{CO}_2$
Участок с подзолом							
Подзол	0-5	1.5	1.3	62	0.2	0.5	3.6
	5-10	1.5	1.3	84	0.5	0.6	5.4
КО	0-5	7.2	2.0	513	0.6	2.6	1.2
	5-10	4.1	2.7	363	0.5	1.3	1.4
	10-15	1.6	1.4	118	0.3	0.8	2.7
СМ	0-5	1.4	1.3	622	0.6	4.9	1.0
	5-10	1.45	1.3	336	0.5	2.5	1.6
	10-15	1.4	1.3	264	0.5	2.1	1.9
Торфяной участок							
Торф	0-5	29.1	29.0	478	1.7	0.2	3.5
	5-10	33.3	33.2	591	2.3	0.2	3.9
КО	0-5	9.1	2.0	128	0.2	0.6	1.8
	5-10	15.3	11.8	238	1.0	0.2	4.1
	10-15	36.7	36.7	620	2.9	0.2	4.7
СМ	0-5	1.94	1.8	133	0.3	0.8	2.2
	5-10	20.6	20.5	423	1.7	0.2	4.0
	10-15	30.7	30.6	612	2.5	0.2	4.2
СО	0-5	1.78	1.5	118	0.2	0.8	1.7
	5-10	23.7	23.6	538	2.5	0.2	4.7
	10-15	39.8	39.8	802	3.0	0.2	3.8
Песок	0-5	1.3	1.2	109	0.3	0.9	2.8
	5-10	5.5	5.4	165	0.4	0.3	2.4
	10-15	36.7	36.7	731	2.9	0.2	3.9

### Состояние микробного сообщества

Отмечено положительное влияние ремедиации на микробные свойства почвы. Геохимические барьеры имели высокое содержание углерода микробной биомассы ( $C_{\text{мик}}$ ) и микробную активность (БД), близкие к оптимальным значения микробного метаболического коэффициента ( $q\text{CO}_2$ ) и долю  $C_{\text{мик}}$  от  $C_{\text{орг}}$  (табл. 3). Верхние слои почв на участке с подзолом, имевшим более низкий уровень загрязнения и более благоприятные условия почвообразовательного

процесса, имели более высокую доступность углерода для микробов по сравнению с участком на торфяном участке.

На участке с подзолом  $C_{\text{мик}}$  был в 2-3 раза выше, а  $q\text{CO}_2$  - в 2-3 раза ниже в верхних слоях геохимических барьеров по сравнению с исходной почвой. На участке с торфяной почвой самый низкий  $C_{\text{мик}}$  и самый высокий  $q\text{CO}_2$  среди первичных почв были обнаружены в верхнем слое в варианте с песком, что указывает на стрессовые условия для развития микроб-

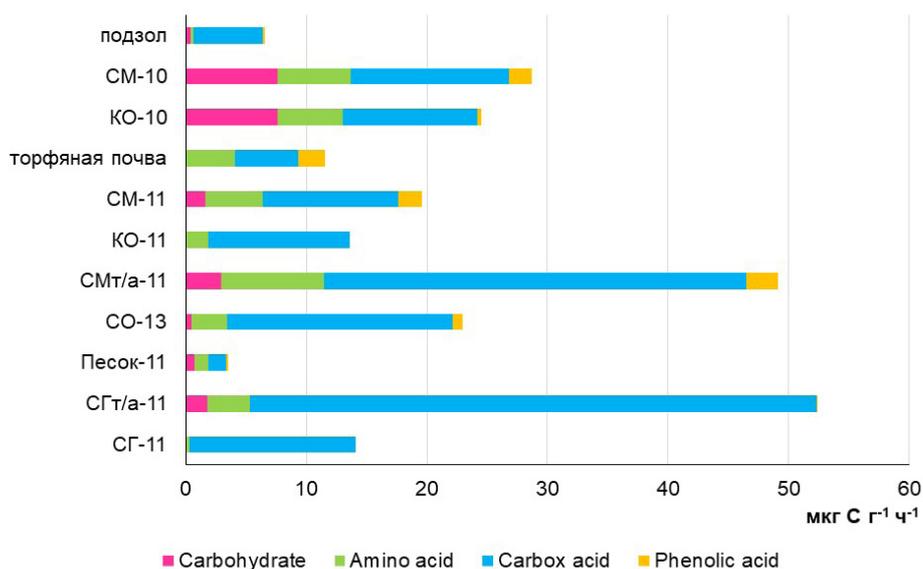


Рис. 6. Функциональная активность групп микробного сообщества

ного сообщества в этом варианте. Доступность углерода для микробов в верхнем слое почвы под карбонатитовыми и серпентиновыми отходами на участке с подзолом увеличилась в 2.6 и 5 раз соответственно по сравнению с верхним слоем исходной почвы. На участке с торфяной почвой в условиях избытка органического вещества в торфяной почве доступность  $C_{орг}$  для микроорганизмов снижалась с глубиной из-за сложности его разложения в этом типе почвы [Slukovskaya et al., 2021].

Проведен анализ функционального профиля микробного сообщества, показывающий наличие разных физиологических групп микроорганизмов. Выделены четыре группы микроорганизмов: потребляющие карбоновые кислоты, углеводы, аминокислоты и фенольные кислоты. Исходные почвы (подзол и торф) характеризовались низкой активностью. Функциональная активность микроорганизмов в геохимических барьерах увеличивалась, за исключением варианта с песком, в котором она была даже ниже, чем в исходных торфяной почве и подзоле. В геохимических барьерах на участке с подзолом присутствовали все группы микроорганизмов, при этом следует отметить большее увеличение отклика на фенольные кислоты в варианте с серпентиновыми отходами, что свидетельствует о большей

способности микробного сообщества к разложению сложных органических веществ в почве этого варианта (рис. 6).

Геохимические барьеры через 7-10 лет после формирования растительного покрова на полностью минеральном материале, имели микробное сообщество, характеризующееся высоким разнообразием, причем в большинстве вариантов были представлены все функциональные группы микроорганизмов, включая группу, разлагающую сложные органические соединения. Также отмечено существенное увеличение численности микромицетов, являющихся основными деструкторами органического вещества в экосистемах.

Функциональная активность, разнообразие микробного сообщества и численность микромицетов в первичных почвах зависели как от степени загрязнения, так и от минерального состава горнопромышленных отходов. Данные показатели были выше на участке с подзолом, находящемся на большем удалении от медно-никелевого комбината, по сравнению с участком с торфяной почвой. Среди вариантов на одном участке функциональные показатели микробного сообщества были выше в геохимическом барьере из серпентинито-магнезита. Геохимические барьеры из серпентинсодержащих материалов имели

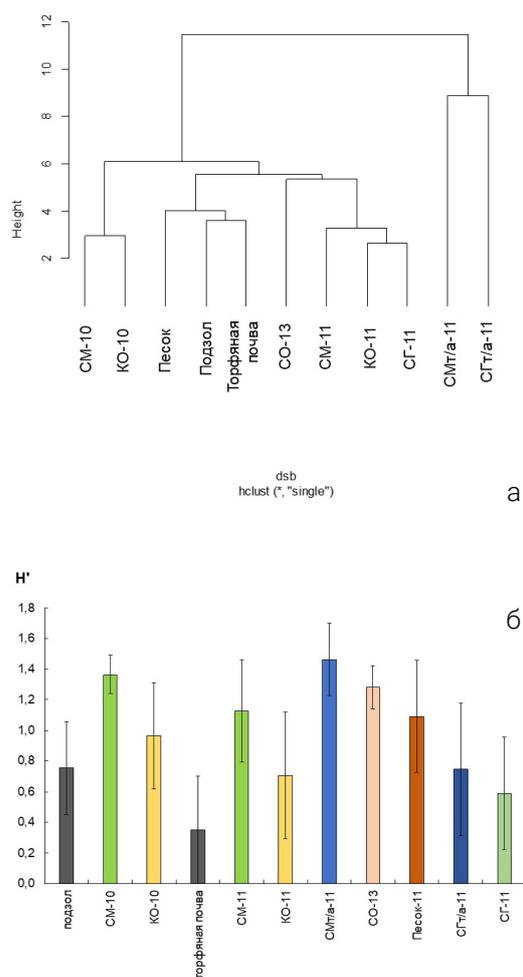


Рис. 7. Дендрограмма кластерного анализа (а) и функциональное разнообразие микробного сообщества (индекс Шеннона) (б))

наиболее благоприятные условия для развития микробного сообщества, поскольку они отличались большим разнообразием микроорганизмов, большей функциональной активностью в целом и большей долей группы, отвечающей за разложение фенольных соединений (рис. 7).

### Особенности процесса почвообразования на щелочных геохимических барьерах

Исходное содержание органического углерода ( $C_{орг}$ ) в минеральных материалах составляло 0.30-0.74%. Ежегодное образование биомассы надземных и подземных частей рас-

тений и далее растительного опада является основным источником органического углерода для геохимических барьеров. Содержание Сорг было достоверно положительно связано с суммарной биомассой за годы эксперимента и составляло 1.3-2.0% в вариантах с горнопромышленными отходами и 1.2% в варианте с песком [Slukovskaya et al., 2021].

Накопление органического вещества минеральными материалами и образование органо-минеральных комплексов привело к заметному изменению внешнего вида и структуры исходного минерального материала, что является индикатором протекания почвообразовательного процесса [Virto et al. 2008; Huot et al. 2015; Горячкин и др. 2019].

Отмечены следующие изменения в структуре минерального материала: 1) исходный однородный песчаный материал стал слабо агрегированным и структурированным по всей высоте насыпного слоя; 2) верхний 2-см слой, исходно в основном состоящий из вермикулита, приобрел темный цвет вследствие аккумуляции органического вещества; 3) отмечены признаки дифференциации почвенного профиля в насыпном слое, что является признаком почвообразовательного процесса.

Участие вермикулита в органо-минеральных взаимодействиях было наиболее заметно в варианте ВСО, который содержал около 13% вермикулита. Исследование шлифов с помощью оптического микроскопа показало, что основную массу материала составляет рыхлый нецементированный материал, состоящий из угловых фрагментов породы и отдельных минеральных зерен, однако при этом отмечается присутствие небольшого количества глины. Зерна минералов (прежде всего – вермикулита) имеют признаки физического разрушения. В областях, прилегающих к их отдельным поверхностям, наблюдались тонкие скопления, состоящие из глины, органо-минеральных соединений и мелких пылевых частиц. Наиболее массивные скопления обнаружены в местах нахождения органических остатков, что свидетельствует об участии продуктов разложения органического материала в их образовании. На отдельных поверхностях зерен обнаруже-

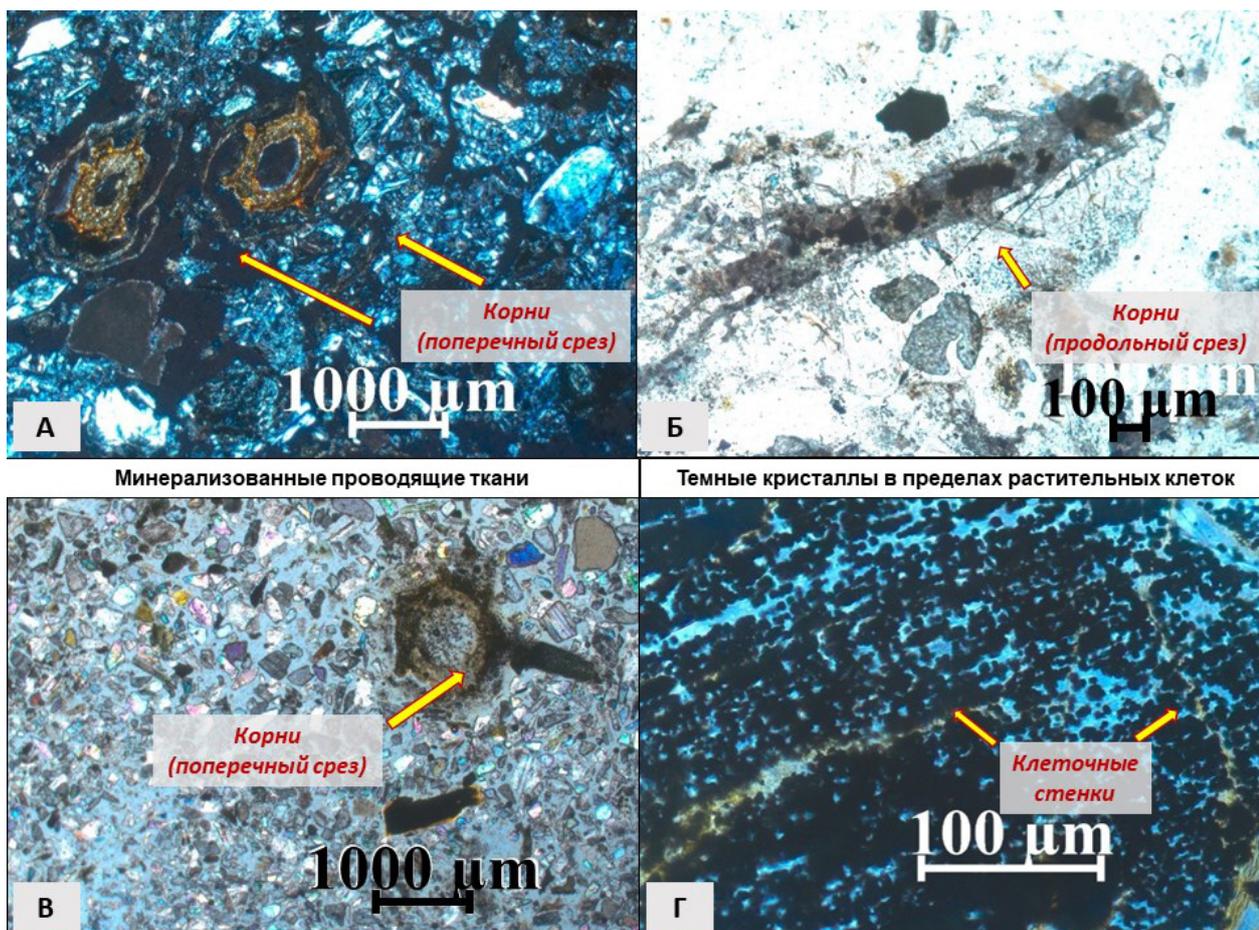
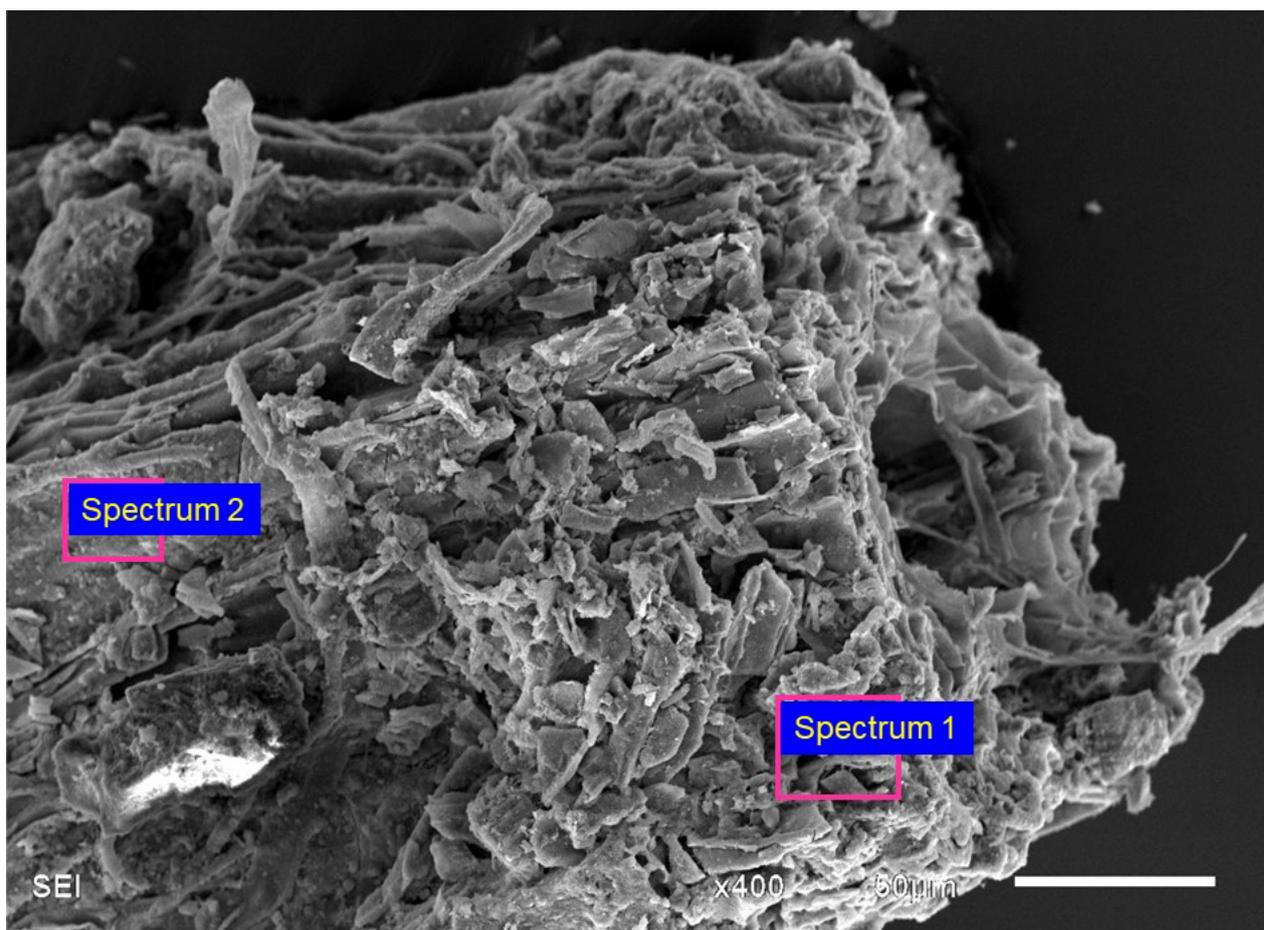


Рис. 8. Минерализация корней в верхних слоях первичных почв, сконструированных с использованием серпентинито-магнезита (А) и карбонатитовых отходов (В) на торфяной почве и образование кристаллов пирита в варианте с серпентинито-магнезитом на торфяной почве (Б) и на подзоле (Г) (по Slukovskaya et al., 2021)

ны тонкие темные органо-минеральные пленки. По-видимому, микроагрегация материала происходила за счет органо-минеральных соединений и небольшого количества глинистой плазмы [Virto et al. 2008]. Присутствие глинистого минерала вермикулита в серпентиновых (вермикулит-лизардитовых) отходах следует рассматривать как причину более выраженного накопления органо-минерального материала в этом типе первичных почв по сравнению с другими вариантами.

Обнаружена выраженная минерализация растительных остатков и формирование кристаллов в корнях растений в вариантах СМ на обоих экспериментальных участках (рис. 8). Исследование Grimes et al. [2001] показало кор-

реляцию между содержанием железа в водных растворах в присутствии серы и пиритизацией растительных остатков. В верхних слоях варианта СМ было наибольшее содержание водорастворимого железа (22-33 мг/кг), тогда как в других вариантах оно составляло лишь 0.6-1.5 мг/кг. Сочетание высокого содержания водорастворимого железа и окислительно-восстановительных условий представляется наиболее вероятной причиной образования кристаллов пирита. В целом, пиритизация растительных остатков и аккумуляция пирита корнями растений является нетривиальным и интересным наблюдением, которое характеризует протекающий почвообразовательный процесс в щелочных условиях.



Доля, %	C	O	Mg	Si	P	Ca	Fe	Al	K
Проба 1	16.17	39.73	6.18	4.64	2.63	1.72	28.65	0.27	-
Проба 2	15.73	50.72	1.60	1.03	4.26	1.84	24.62	-	0.20

Рис. 9. Микрофотография и химический состав фрагментов растительного остатка в варианте с серпентинито-магнезитом (торфяной участок, слой 2 см))

По данным сканирующей электронной микроскопии, химический состав растительного остатка, находящегося в стадии деструкции, подтверждает предположения о пиритизации проводящих тканей, которые были сделаны в микроморфологических исследованиях шлифов, поскольку на поверхности растительного остатка содержится заметное количество железа (25-29%) (рис. 9).

### Выводы

Результаты проведенных исследований научно обосновывают масштабирование экономически рентабельной технологии ре-

медиаии техногенных пустошей с высоким уровнем мультиэлементного загрязнения тяжелыми металлами. Основными компонентами технологии являются щелочные отходы горноперерабатывающей промышленности и вспученный вермикулит. Такой подход позволяет создавать устойчиво функционирующие экосистемы в условиях Арктической зоны РФ, препятствующие развитию эрозийных процессов и дальнейшей деградации почв. Сформированный геохимический барьер является основой для восстановления растительности в условиях продолжающейся аэротехногенной нагрузки. Фиксация

протекания процессов первичного почвообразования в экстремальных природно-климатических и техногенных условиях через 10 лет после инициации восстановительной сукцессии позволяет оценивать технологию как эффективную в долгосрочной перспективе.

### Благодарности

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда 21-

77-10111 и частично поддержана из средств темы НИР № FMEZ-2022-0022. Авторы выражают благодарность д.б.н. С. В. Губину, к.б.н. В. И. Васеневу, к.г.н. А. В. Долгих, к.х.н. С. В. Дрогобужской, м.н.с. Т. К. Ивановой, к.б.н. К. В. Иващенко, вед. тех. О. П. Корытной, к.т.н. И. П. Кременецкой, м.н.с. И. А. Мосендз, м.н.с. А. И. Новикову и всем коллегам, принявшим участие в полевых и лабораторных работах на разных этапах исследования.

### Список литературы:

1. Бушуева Ю. О., Егошина Т. Л., Гудовских Ю. В., Ярославцев А. В., Лугинина Е. А. Особенности восстановления нарушенных фитоценозов на севере республики Коми // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2022. №6. С. 24-32
2. Вихман М. И. Экологические основы формирования продуктивных и устойчивых агросистем на Кольском Севере // автореф. дис. ... докт. биол. наук (03.02.08). Петрозаводск, 2011. 48 с.
3. Волкодаева М. В., Володина Я. А., Ломтев А. Ю., Носков С. Н. О необходимости развития системы экологического мониторинга окружающей среды Крайнего Севера // Российская Арктика. 2019. №6. С.37. doi: 10.24411/2658-4255-2019-10065
4. Воробейчик Е.Л. Многолетняя динамика содержания тяжелых металлов в верхних горизонтах почв в районе воздействия медеплавильного завода в период сокращения объемов его выбросов // Почвоведение. 2017. № 8. С. 1009-1024. doi: 10.7868/s0032180x17080135
5. Воробейчик Е.Л. Естественное восстановление наземных экосистем после прекращения промышленного загрязнения [Текст]. 1. Обзор современного состояния исследований// Экология. 2022. № 1. С. 3-41: 1 рис., 5 табл. - Библиогр.: с. 36-41 (133 назв.). - ISSN 0367-0597. doi: 10.31857/S0367059722010115
6. Горячкин С. В. География экстремальных почв и почвоподобных систем // Вестник Российской академии наук. 2022; 92(6):564-71. doi: 10.31857/S0869587322060056
7. Иванова Л. А., Слуковская М. В., Иноземцева Е. С. Восстановление растительного покрова на техногенно-нарушенных территориях в условиях Кольского Севера на основе использования гидропонной экспресс-технологии // Инженерная экология. 2012, №5(107). С. 14-31. ISSN 0204-3483
8. Кашулина Г.М. Экстремальное загрязнение почв выбросами медно-никелевого предприятия на Кольском полуострове // Почвоведение. 2017(7):860-73
9. Слуковская М. В., Кременецкая И. П., Дрогобужская С. В., Мосендз И. А. Влияние условий экстрагирования на содержание растворимых кремниевых соединений в лизардите и вермикулите // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2022. 19. С. 345–350. doi: org/10.31241/FNS.2022.19.063
10. Экологические аспекты накопления минеральных элементов в организме населения, проживающего в районах интенсивной промышленной деятельности в европейской части Арктической зоны России: монография / А. Н. Никанов, В. М. Дорофеев, В. В. Мегорский, В. К. Жиров // Апатиты: Издательство ФИЦ КНЦ РАН, 2020. 87 с.
11. Antoniadis V., Levizou E., Shaheen S. M., Ok Y. S., Sebastian A., Baum C., ... & Rinklebe, J. (2017) Trace elements in the soil-plant interface: Phytoavailability, translocation, and phytoremediation – a review // Earth Sci Rev, 171, 621-645. doi: 10.1016/j.earscirev.2017.06.005

12. Campbell C. D.; Chapman S. J.; Cameron C. M.; Davidson M. S.; Potts J. M. A rapid microtiter plate method to measure carbon dioxide evolved from carbon substrate amendments so as to determine the physiological profiles of soil microbial communities by using whole soil. // *Appl. Environ. Microbiol.* 2003, 69, 3593–3599, doi: 10.1128/AEM.69.6.3593-3599.2003
13. Ding K., Wu Q., Wei H., Yang W., Séré G., Wang S., & Qiu R. (2018) Ecosystem services provided by heavy metal-contaminated soils in China // *J Soils Sediments*, 18 (2), 380-390. doi: 10.1007/s11368-016-1547-6
14. Huot H., Simonnot M. -O., Morel J. -L. (2015) Pedogenetic trends in soils formed in technogenic parent materials // *Soil Sci*, 180(4-5), 182-192. doi: 10.1097/SS.0000000000000135
15. Kabata-Pendias A., 2000. Trace elements in soils and plants // CRC press. 432c. doi: 10.1201/9781420039900
16. Kozlov, M.V., Zvereva, E.L. Industrial barren: extreme habitats created by non-ferrous metallurgy // *Rev Environ Sci Biotechnol* 6, 231–259 (2007). doi: 10.1007/s11157-006-9117-9
17. Kremenetskaya I., Tereshchenko S., Alekseeva S., Mosendz I., Slukovskaya M., Ivanova L. and Mikhailova I. Vermiculite-lizardite ameliorants from mining waste. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 368 (2019) 012027. doi: 10.1088/1755-1315/368/1/012027
18. Manninen S, Zverev V, Bergman I, Kozlov M. Consequences of long-term severe industrial pollution for above ground carbon and nitrogen pools in northern taiga forests at local and regional scales // *Sci Total Environ.* 2015. 536:616–624. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.07.097
19. Marinari S.; Bonifacio E.; Moscatelli M. C.; Falsone G.; Antisari L. V.; Vianello G. Soil development and microbial functional diversity: Proposal for a methodological approach // *Geoderma* 2013, 192, 437–445, doi: 10.1016/j.geoderma.2012.08.023
20. Mikhaylova I., Slukovskaya M., Mosendz I., Kremenetskaya I., Karavayeva E., Drogobuzhskaya S. Application of Silicon-Contained Mining Wastes in Urban Greening // In book: *Urbanization: Challenge and Opportunity for Soil Functions and Ecosystem Services*. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2019. Pp. 145-152. doi: 10.1007/978-3-319-89602-1\_18
21. Morel J.L., Chenu C., & Lorenz, K. (2015) Ecosystem services provided by soils of urban, industrial, traffic, mining, and military areas (SUITMAs) // *J Soils Sediments*, 15(8), 1659-1666. doi: 10.1007/s11368-014-0926-0
22. Moscatelli M. C.; Secondi L.; Marabottini R.; Papp R.; Stazi S. R.; Mania E.; Marinari S. Assessment of soil microbial functional diversity: Land use and soil properties affect CLPP-MicroResp and enzymes responses // *Pedobiologia* 2018, 66, 36–42. doi: 10.1016/j.pedobi.2018.01.001
23. Peng W., Li X., Xiao S., Wenhong F. Review of remediation technologies for sediments contaminated by heavy metals // *Journal of Soils and Sediments*. 18 (4), 1701-1719 (2018). doi: 10.1007/s11368-018-1921-7
24. Slukovskaya M. V.; Kremenetskaya I. P.; Drogobuzhskaya S. V.; Ivanova L. A.; Mosendz I. A.; Novikov A. I. Serpentine Mining Wastes - Materials for Soil Rehabilitation in Cu-Ni Polluted Wastelands // *Soil Science*. 2018. Vol. 183 Issue 4, p. 141–149. doi: 10.1097/SS.0000000000000236
25. Slukovskaya M. V., Vasenev V. I., Ivashchenko K. V., Dolgikh A. V., Novikov A. I., Kremenetskaya I. P., Ivanova L. A. & Gubin S. V. Organic matter accumulation by alkaline-constructed soils in heavily metal-polluted area of Subarctic zone // *Journal of Soils and Sediments* (2021) 21:2071–2088. doi: 10.1007/s11368-020-02666-4
26. Slukovskaya M. V., Kremenetskaya I.P., Mosendz I. A., Ivanova T. K., Drogobuzhskaya S. V., Ivanova L. A., Novikov A. I. & Shirokaya A. A. (2022). Thermally activated serpentine materials as soil additives for copper and nickel immobilization in highly polluted peat // *Environmental Geochemistry and Health*, 1-17. doi: 10.1007/s10653-022-01263-3
27. Virto I, Barré P, Chenu C (2008) Microaggregation and organic matter storage at the silt-size scale // *Geoderma*, 146(1-2), 326-335. doi: 10.1016/j.geoderma.2008.05.021 Красавцева Е. А., Максимова В. В., Горбачева Т. Т., Макаров Д. В., Алфертьев Н. Л. Оценка химического загрязнения грунтов и растений в зоне влияния хранилища отходов обогащения лопаритовых руд // *Маркшейдерия и недропользование*. 2021d. № 2 (112). С. 52-58

## ЭКСТРАКЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗА(III) ИЗ РАСТВОРОВ СЛОЖНОГО СОСТАВА

А. Ю. Соколов, Е. А. Щелокова, А. Г. Касиков

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева КНЦ РАН  
aiu.sokolov@ksc.ru

В работе представлены краткие сведения об извлечении железа из производственных растворов. Предложен метод экстракционного извлечения железа из растворов сложного состава с применением высокомолекулярных алифатических кетонов и спиртов. Показана возможность эффективного удаления железа с получением чистого раствора хлорида железа(III) вместо отвальных железистых отходов, образующихся по действующим технологиям.

**Ключевые слова:**

железо, жидкостная экстракция, кетоны, спирты, переработка отходов

## SOLVENT EXTRACTION OF IRON(III) FROM COMPLEX COMPOSITION SOLUTIONS

A. Y. Sokolov, E. A. Shchelokova, A. G. Kasikov

Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials KSC RAS  
aiu.sokolov@ksc.ru

The paper presents brief information about the removal of iron from industrial solutions. A solvent extraction method is proposed for the iron recovery from complex composition solutions using high molecular weight aliphatic ketones and alcohols. The possibility of efficient removal of iron with the production of a pure solution of iron(III) chloride instead of waste ferrous waste generated by existing technologies is shown.

**Keywords:**

iron, solvent extraction, ketones, alcohols, waste treatment

В гидрометаллургической практике одним из наиболее эффективных способов выделения металлов из производственных растворов является экстракция – способ, основанный на межфазном распределении вещества между водной и органической фазами. В настоящее время экстракционные процессы широко используются в гидрометаллургии радиоактивных элементов, циркония, гафния, ниобия, тантала, вольфрама, молибдена, индия, рения, а также редкоземельных и благородных металлов, и в особенно больших масштабах – в производстве меди [Стеблевская и др.; 2006].

Помимо выделения целевого компонента с целью его дальнейшего получения, экстракцию также применяют и для очистки раствора от примесей. Так, например, в никелевом производстве на АО «Кольская ГМК» микропримеси цинка извлекают экстракцией [Производство никеля и кобальта; 2019], возможна экстракционная очистка производственных растворов аффинажа от неблагородных металлов [Патрушев, Булганина; 2006].

Наиболее распространенной примесью при производстве цветных металлов является железо в связи с его повсеместным нахожде-



Рис. 1. Отвальный железистый кек

нием как в минеральном, так и техногенном сырье. В большинстве случаев его удаление из промежуточных растворов проводится посредством гидролитического осаждения, в результате которого образуется отвальный железистый кек (рис. 1). Однако, в связи с соосаждением цветных металлов в кек снижается эффективность производства за счет потери ценных компонентов. Помимо этого, возникает проблема хранения или утилизации железистого кека, т.к. его отвалы способствуют загрязнению окружающей среды.

Альтернативным способом очистки от железа является его экстракция. Однако, несмотря на обилие экстрагентов, способных извлекать железо, практическое применение нашел только трибутилфосфат (ТБФ) [Производство никеля и кобальта; 2019]. Несмотря на свою высокую экстракционную способность и доступность, ТБФ имеет ряд недостатков: низкая селективность, склонность к образованию третьей фазы [Saji; Reddy; 2001], отсутствие способов экологичной утилизации [Cui et al; 2015]. Альтернативными реагентами для экстракции железа являются кислородсодержащие экстрагенты –

высокомолекулярные алифатические кетоны, которые лишены вышеописанных недостатков.

Высокую эффективность кетоны демонстрируют как при экстракции из солянокислых, так и из хлоридных солевых растворов, что значительно расширяет спектр их применения. Стоит также отметить, что при добавлении к кетонам спиртов проявляется синергетический эффект, то есть смесь экстрагентов извлекает хлорид железа(III) лучше, чем индивидуальные компоненты смеси [Sokolov et al; 2021]. Установлено, что при использовании в качестве кетона ундеканона-2, а в качестве спиртов технической смеси октанола-1 и деканона-1 ( $C_8+C_{10}$ ) их оптимальное соотношение в экстракционной смеси составляет 30% кетона и 70% спиртов [Sokolov et al; 2021].

Высокая экстракционная способность спиртов и кетонов позволила разработать несколько технологических схем извлечения железа из растворов сложного состава. Так, например, проблема удаления железа из растворов возникает при получении алюминия по солянокислотной технологии переработки боксита. Однако возможность предваритель-

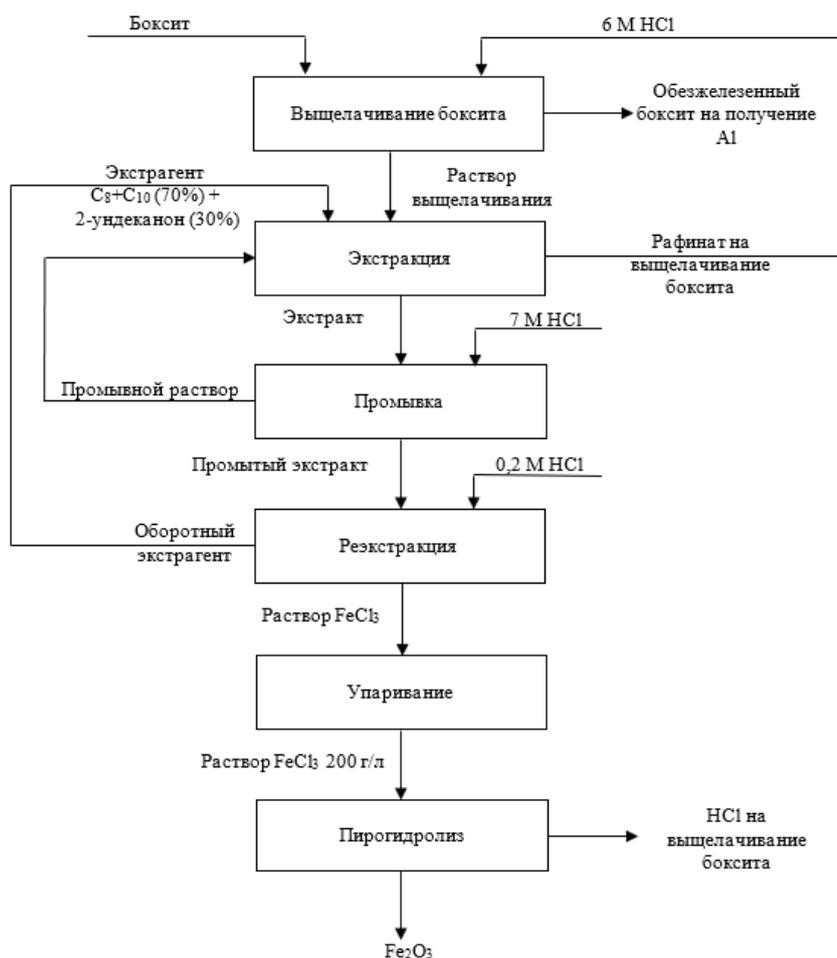


Рис. 2. Принципиальная схема экстракции железа из солянокислого раствора выщелачивания боксита

ного солянокислотного выщелачивания боксита, в результате которого в раствор переходит более 90% железа из исходного сырья и незначительное количество алюминия, кальция и хрома, позволяет облегчить дальнейшую переработку алюминиевого сырья [Valeev et al, 2021]. В результате выщелачивания образуются растворы, содержащие, г/л: Fe ~ 10, Al ~ 2, Ca ~ 0.5, Cr ~ 0.3 и 6 моль/л HCl. Высокая экстракционная способность и селективность смесей алифатических спиртов и кетон позволила разработать принципиальную технологическую схему извлечения железа из полученного раствора, предполагающую получение чистого раствора хлорного железа с его последующим пирогидроллизом и получением оксида железа. Технологическая схема является автономной в связи с рециркуляцией как экстрагента, так и соляной кислоты (рис. 2).

Помимо того, в текущем никелевом производстве АО «Кольской ГМК» возникает потребность очистки от железа производственных растворов. В результате гидролитического осаждения железа получаемый отвальный кек содержит до 1% никеля и 0.5% меди. Однако применение экстракционных процессов для решения текущих задач позволяет значительно сократить объемы получаемого железистого кека, а следовательно, и потери цветных металлов. Разработанная технологическая схема экстракции железа из никелевого электролита, который в текущей технологии получают посредством гидрохлоридного выщелачивания никелевого порошка трубчатых печей (НПТП), позволяет не только уменьшить концентрацию железа в электролите более чем в 15 раз, но и получить раствор хлорного железа, содер-

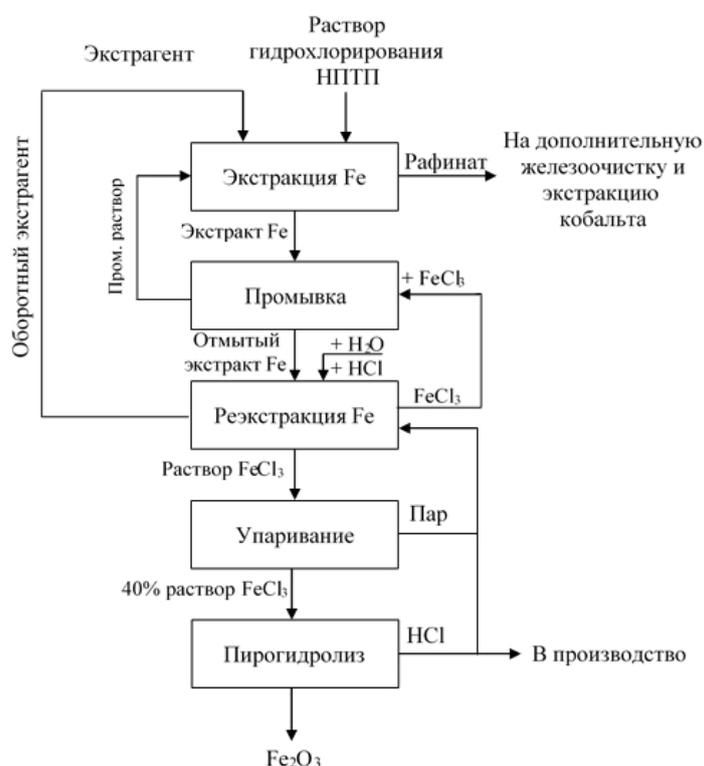


Рис. 3. Технологическая схема экстракции Fe(III) смесью  $C_8+C_{10}$  (70%) с ундеканом-2 (30%) из раствора гидрохлорирования НППП

жащий 200 г/л  $FeCl_3$  и менее 10 мг/л суммы цветных металлов [Kasikov et al; 2022] (рис. 3).

Применение высокомолекулярных спиртов и кетонов также обеспечивает комплексную переработку железистых отходов. Актуальной задачей является комплексная переработка металлургических шлаков медно-никелевого производства, что связано как с постепенным истощением минерально-сырьевых ресурсов [Панфилов и др.; 1987], так и с решением проблемы загрязнения окружающей среды [Потапов и др.; 2013]. В результате солянокислотного выщелачивания шлака образуется остаток,

содержащий 0.03% никеля, 0.01% кобальта, 0.002% меди; и солянокислый раствор железа и цветных металлов [Kasikov et al, 2022]. Если остаток предполагается направлять в строительную индустрию, то дальнейшая переработка полученного раствора основана на окислении железа и его экстракции. При этом в фазу экстрагента практически количественно переходит железо, и не экстрагируются цветные металлы, что позволяет достичь высоких показателей разделения (табл. 1). Полученный раствор после экстракции (рафинат) направляется на дальнейшую переработку

Металл	Состав раствора, г/л		Коэффициент разделения $Fe/Me \cdot 10^5$
	Исходный	Рафинат	
Fe	67.4	0.001	-
Al	3.14	3.11	87.4
Ca	4.60	4.55	72.7
Mg	5.30	5.25	91.7
Ni	1.36	1.34	50.7
Cu	0.04	0.0039	26.5
Co	0.023	0.228	86.3

Таблица 1  
Экстракция железа из раствора выщелачивания шлака. O:B = 3:1, 2 степени экстракции. Экстрагент – смесь 30% ундеканона-2 и 70% спиртов  $C_8+C_{10}$



Рис. 4. Полученные железистые соединения: а – 40%-й раствор хлорного железа, б –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

для выделения цветных металлов, а железосодержащий экстракт – на реэкстракцию и пиро-гидролиз для получения чистого оксида железа (см. рис. 2 и 3).

Как уже было сказано, экстракция позволяет не только эффективно удалить железо, но и получить чистую железосодержащую продукцию – раствор хлорного железа и оксид железа (рис. 4).

Стоит отметить, что получаемые железистые продукты применяются в различных технологических процессах. Так, например, раствор хлорного железа нашел широкое применение в качестве эффективного коагулянта

для очистки сточных вод. Также его добавка позволяет в несколько раз снизить потребление флокулянтов для осаждения цветных металлов из стоков [Касиков, Орлов; 2008]. Полученный раствор хлорного железа соответствует ТУ 2152-081-56856807-08 марки Л (табл. 2), что говорит о возможности его применения в качестве коагулянта. Хлорное железо также может быть использовано в качестве эффективной добавки в цементы [Shepelenko et al; 2018]. В Кольском испытательном центре строительных материалов и изделий в ИХТРЭМС КНЦ РАН под руководством Тюкавкиной В.В. проведены испытания бетона с добавкой хлор-

Таблица 2

Сравнение характеристик полученного раствора хлорного железа с растворами различных марок

Показатель	Хлорное железо		
	Чистое (марка Л)	Техническое (марка З)	Полученное в результате работы
Масс. доля $\text{FeCl}_3$ , %	$\geq 40$	$\geq 36$	42
Плотность раствора при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	$\geq 1.41$	$\geq 1.29$	1.49
Масс. доля $\text{FeCl}_2$ , %	$\leq 1.0$	$\leq 1.0$	$\leq 0.1$
Масс. доля нераств. в-в, %	$\leq 2.0$	$\leq 2.0$	$\leq 0.1$
Масс. доля HCl, %	$\leq 1.5$	$\leq 2.0$	1.1

ного железа, полученного экстракцией из растворов гидрохлоридного выщелачивания магнитной фракции фэйнштейна. В результате испытаний установлено, что введение хлорного железа позволяет повысить прочность мелкозернистого бетона на сжатие в возрасте 2 суток на 52%, а в возрасте 7 суток – на 16,5%.

Оксид железа(III) в свою очередь находит еще больший спектр применения. Использование оксидов переходных металлов, в частности железа, в области электроники масштабно и включает в себя спутниковую связь, запоминающие устройства с высокой плотностью записи, антенные сердечники, компьютерные компоненты, датчики, поглощающие микроволновое излучение материалы, приборы магнитной записи, сердечники для трансформаторов и проч. [Kefeni et al; 2017]. Наряду с уникальными магнитными свойствами частицы оксидов железа обладают высокой биосовместимостью и низкой токсичностью, что позволяет их использовать в биомедицинских целях [Ling et al: 2019]. Оксиды железа и их композиты с успехом используются в качестве гетерогенных катализаторов. Нанесенные оксиды железа применяются в качестве промышленных катализаторов гетерогенных каталитических

процессов, например, в реакциях гидрирования  $\text{CO}_2$  в ценные углеводороды, в реакциях с участием синтез-газа, а также в синтезе углеводородов в процессе Фишера–Тропша. Также железо интенсивно используется в реакции водяного сдвига, в реакциях полного и частичного окисления и реакциях разложения различных соединений [Костюхин; 2020]. Вышеперечисленные области применения позволяют судить о высокой востребованности железистой продукции, и, следовательно, важности развития альтернативных путей ее получения.

Таким образом применение кетонов и их смесей с алифатическими спиртами позволяет эффективно извлекать железо из хлоридных растворов сложного состава. Благодаря высокой экстракционной способности и селективности получены как очищенные от железа растворы цветных металлов, так и чистые растворы хлорного железа, из которых возможно получение высокочистого оксида железа. Представленные экстрагенты не только способствуют повышению эффективности железоочистки, но и решению проблемы железистых отходов как за счет предотвращения их образования, так и комплексной переработки.

### Список литературы:

1. Касиков А. Г., Орлов И. В. Очистка сточных вод комбината «Североникель» от взвешенных веществ с помощью флокулянтов // Научные основы химии и технологии переработки комплексного сырья и синтеза на его основе функциональных материалов: материалы всеросс. науч. конф., (Апатиты, 08-11 апр. 2008 г.). Часть 2. Апатиты, 2008. С. 153-155.
2. Костюхин Е. М. Микроволновый синтез наноразмерных частиц железосодержащих оксидов и их физико-химические и каталитические свойства: дис. ... канд. Хим. Наук. Москва, 2020. 123 С.
3. Панфилов М. И., Школьник Я. Ш., Орининский Н. В., Коломиец В. А., Сорокин Ю. В., Грабеклис А. А. Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии. М.: Металлургия, 1987. 238 с.
4. Патрушев В. В., Булганина Л. П. Экстракция неблагородных металлов в аффинаже платиновых металлов // Фунд. иссл. 2007. № 7. С 25.
5. Потапов Д. С., Светлов А. В., Потапов С. С., Меньшиков Ю. П., Нестеров Д. П., Макаров Д. В. Экспериментальное моделирование процессов выветривания разновозрастных шлаков медно-никелевого производства // Минералогия техногенеза. 2013. № 14. С. 38–49.
6. Производство никеля и кобальта [Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям] М.: Бюро НДТ. 2019. 230 с.

7. Стеблевская Н. И., Медков М. А., Белобелецкая М. В., Смольков А. А., Молчанов В. П. Жидкостная экстракция в гидрометаллургии и технологии получения неорганических материалов // Вестник ДВО РАН. 2006. № 5. С. 38-46.
8. Cui Y., Wang Y. Q., Pang M. P., Zhang L. N., Zhou H. F., Dang Q. Y., Sun, G. X. Effect of Diluents on the Extraction and Separation of Fe(III) and Cu(II) from Hydrochloric Acid Solutions Using N,N,N',N'-Tetrabutyl Succinamide // Hydrometallurgy. 2015. Vol. 152. P. 1–6. doi: 10.1016/j.hydromet.2014.11.012
9. Kasikov A. G., Shchelokova E. A., Timoshchik O. A., Sokolov A. Y. Utilization of Converter Slag from Nickel Production by Hydrometallurgical Method // Metals. 2022. No. 12 (11). Article No. 1934. doi: 10.3390/met12111934
10. Kasikov A., Sokolov A., Shchelokova E. Extraction of Iron(III) from Nickel Chloride Solutions by Mixtures of Aliphatic Alcohols and Ketones // Solvent Extr. Ion Exc. 2022. Vol. 40. Is. 3. P. 251-268. doi: 10.1080/07366299.2021.1911036
11. Kefeni K. K., Msagati T. A. M., Mamba B. B. Ferrite nanoparticles: Synthesis, characterisation and applications in electronic device // Mater. Sci. Eng. B 2017. Vol. 215. P. 37–55. DOI: 10.1016/j.mseb.2016.11.002
12. Ling W., Wang M., Xiong C., Xie D., Chen Q., Chu X., Qiu X., Li Y., Xiao X. Synthesis, surface modification, and applications of magnetic iron oxide nanoparticles // J. Mater. Res. 2019. V. 34, No. 11. P. 1828–1844. doi: 10.1557/jmr.2019.129
13. Saji, J., Reddy M. L. P. Liquid–Liquid Eextraction Separation of Iron(III) from Titania Wastes Using TBP–MIBK Mixed Solvent System // Hydrometallurgy. 2001. Vol. 61. P. 81–87. doi: 10.1016/S0304-386X(01)00146-3
14. Shepelenko T. S., Gorlenko N. P., Zubkova O. A. Structurization processes of cement composites modified with electrolytic additives // Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 5. P. 126-134.
15. Sokolov A., Valeev D., Kasikov A. Solvent Extraction of Iron(III) from Al Chloride Solution of Bauxite HCl Leaching by Mixture of Aliphatic Alcohol and Ketone // Metals. 2021. Vol. 11, No. 2. Article No. 321. doi: 10.3390/met11020321
16. Valeev D., Pankratov D., Shoppert A., Sokolov A., Kasikov A., Mikhailova A., Salazar-Concha C., Rodionov I. Mechanism and kinetics of iron extraction from high silica boehmite–kaolinite bauxite by hydrochloric acid leaching // T. Nonferr. Metal. Soc. 2021. Vol. 31. P. 3128-3149. doi: 10.1016/S1003-6326(21)65721-7

УДК 388.1

## УЛАВЛИВАНИЕ, ХРАНЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА: МИРОВОЙ ОПЫТ, СТОИМОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РОССИИ

**А.А. Череповицына, Е.А. Кузнецова, И.П. Дорожкина**

Лаборатория управления устойчивым развитием промышленных и природных систем, Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН  
iljinovaaa@mail.ru

В статье обобщается ряд научных результатов в рамках исследования организационно-экономических основ реализации проектов улавливания, хранения и использования углекислого газа (CC(U)S - carbon capture, utilization and storage), полученных авторами в 2022-2023 гг. Технологии CC(U)S признаются перспективной мерой декарбонизации, в том числе для России. Представлены сущность и мировой опыт реализации CC(U)S, авторский подход к классификации проектов. Обобщены подходы к определению стоимости этапов CC(U)S, проведена оценка внедрения технологии улавливания на Апатитской ТЭЦ, предложены меры по улучшению экономических показателей таких проектов.

**Ключевые слова:**

улавливание, хранение, углекислый газ, использование, декарбонизация, мировой опыт, классификация, затраты, Апатитская ТЭЦ, технологии CC(U)S

## CARBON CAPTURE, UTILIZATION AND STORAGE: WORLD EXPERIENCE, COST AND IMPLEMENTATION OPPORTUNITIES IN RUSSIA

**A.A. Cherepovitsyna, E.A. Kuznetsova, I.P. Dorozhkina**

Laboratory of Management of Sustainable Development of Industrial and Natural Systems, Luzin Institute for Economic Studies, KSC RAS  
iljinovaaa@mail.ru

The article summarizes a number of scientific results in the framework of the study of the organizational and economic foundations for the implementation of carbon dioxide capture, storage and utilization projects (CC(U)S) obtained by the authors in 2022-2023. CC(U)S technologies are recognized as a promising decarbonization measure, including for Russia. The essence and world experience of CC(U)S implementation are presented, the author's approach to project classification is generalized. Approaches to determining the costs of CC(U)S with an assessment of the implementation of the capture technology at the Apatitskaya power plant are determined, measures to improve economic indicators are proposed.

**Keywords:**

capture, storage, carbon dioxide, utilization, decarbonization, world experience, classification, costs, Apatitskaya power plant, CC(U)S technologies

## Введение

Изменение климата представляет собой все более актуальную глобальную проблему, которая выходит за пределы национальных границ и требует принятия комплекса мер по ее решению. По мнению ряда ученых, основной причиной глобального потепления является парниковый эффект, усиление которого вызвано выбросами парниковых газов (ПГ), в том числе углекислого ( $\text{CO}_2$ ) [Wilberforce и др., 2019]. Наибольший объем выбросов ПГ, согласно данным Института мировых ресурсов (World Resources Institute), приходится на энергетический сектор – около 30%, что связано со сжиганием ископаемого топлива, необходимого для производства энергии. Доля транспорта составляет порядка 16% выбросов ПГ в мире, промышленного производства – около 12%, нефтегазовой отрасли – порядка 10% [World Resources Institute].

Масса глобальных выбросов ПГ продолжает увеличиваться: за последнее десятилетие темп роста составил 1.3% в год, а температура поверхности Земли за последнее столетие повысилась на 1.09 °C [Friedlingstein и др., 2022]. По мнению ряда ученых, изменение климата может стать причиной ряда экзистенциальных проблем и требует принятия серьезных решений на всех уровнях.

2015 год стал поворотным моментом в этом вопросе: 195 стран, в том числе Россия, а также Европейский союз, стали сторонами Парижского соглашения по климату, закрепляющего климатические цели на международном уровне и знаменующего собой начало перехода к низкоуглеродному миру [Парижское соглашение]. Поставленная цель – ограничение роста температуры в пределах 1.5°C, однако в текущих реалиях уровень потепления может достигнуть 3-5°C к концу столетия [Robiou du Pont, Meinshausen, 2018]. Целевой показатель ограничения роста температуры, в свою очередь, определяет величину доступного глобального углеродного бюджета – это будущий максимальный объем совокупных глобальных антропогенных выбросов  $\text{CO}_2$ . В 2022 г. оставшийся углеродный бюджет для 50%-й вероятности ограничения глобального

потепления до 1.5°C был определен на уровне 380 млрд т  $\text{CO}_2$ -экв., что означает, что при текущем уровне выбросов бюджет будет исчерпан примерно через 9 лет [Friedlingstein и др., 2022]. Таким образом, одним из самых важных вопросов двадцать первого века становится: «Что с этим делать?».

Одни ученые предлагают «остановить» добычу полезных ископаемых, которые в дальнейшем используются для получения энергии, а эти процессы связаны с существенными объемами выбросов ПГ, и совершить 100%-й переход на возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Но осуществимо ли это на практике? Масштаб задачи огромен. Основными видами ископаемого топлива являются уголь, нефть и природный газ, которые обеспечивают около 82% мировой первичной энергии (2021) [BP Statistical Review of World Energy], и в ближайшем будущем совершить полный отказ от их использования не представляется возможным.

Вместе с тем, существует ряд направлений, которые позволяют двигаться к углеродной нейтральности постепенно, без радикальных изменений в промышленных и энергетических процессах. Речь идет о мерах декарбонизации, направленных на уменьшение выбросов ПГ в атмосферу, а также о решениях, позволяющих снижать уже существующую в атмосфере концентрацию  $\text{CO}_2$ . Среди них можно выделить проекты по повышению энерго- и операционной эффективности бизнеса, решения по обращению с попутными компонентами и отходами производства (например, обращение с попутным нефтяным газом на нефтегазовых производствах), методы, реализующиеся на корпоративном уровне (например, изменение портфеля проектов), компенсационные меры (например, лесовосстановление), а также улавливание, хранение и использование  $\text{CO}_2$  (технологии CC(U)S – carbon capture, utilization and storage) [Декарбонизация нефтегазовой отрасли]. Последнее сегодня рассматривается рядом ученых и экспертов как одно из наиболее доступных и важных направлений при движении к углеродной нейтральности.

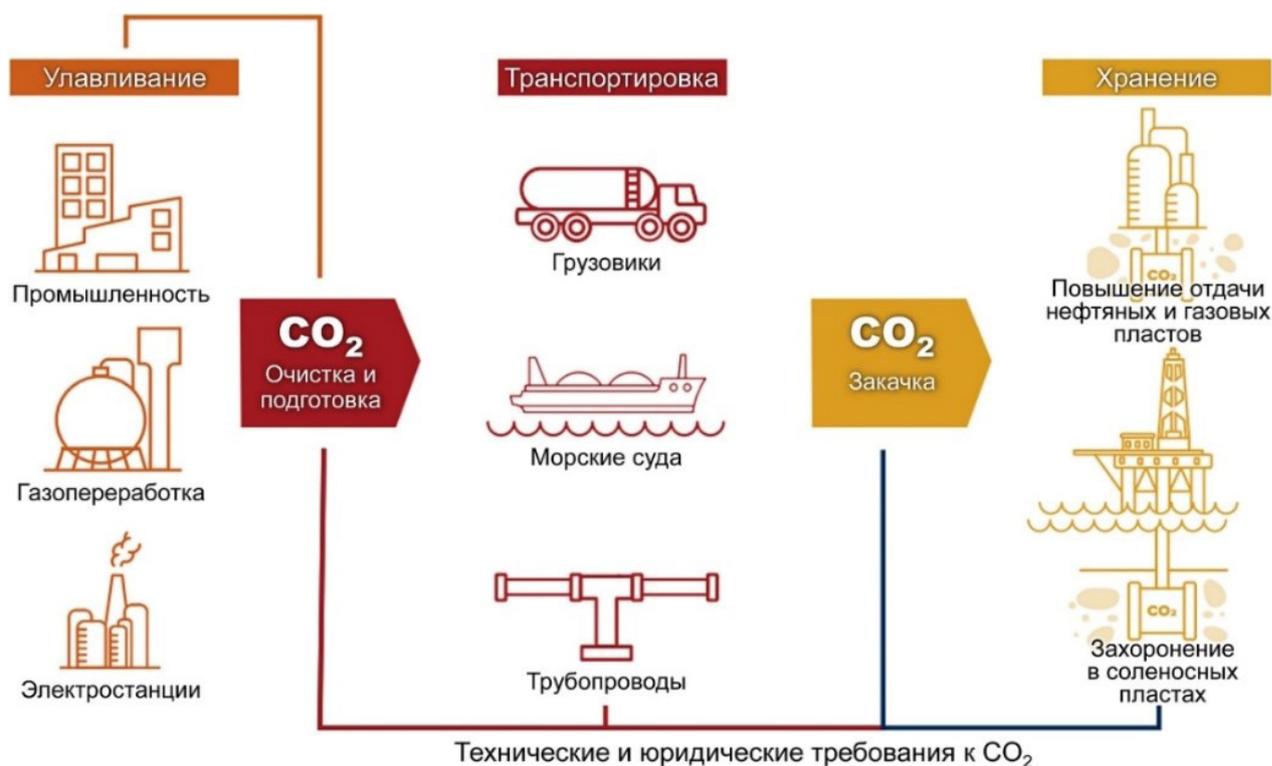


Рис. 1. Укрупненная схема технологического процесса улавливания, хранения и использования CO<sub>2</sub>. Источник: [Kearns и др., 2021]

Комплекс технологий CC(U)S позволяет предотвратить выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу, при этом давая возможность продолжить использование ископаемых видов топлива, другими словами, позволяет в некоторой степени «продлить им жизнь». По этой причине технологии CC(U)S являются перспективными для внедрения на традиционных энергетических объектах, а также в промышленных отраслях, испытывающих большую потребность в энергии. Кроме того, по сравнению с другими решениями, например, производством водорода, инициативы CC(U)S считаются более реальными к внедрению и перспективными с коммерческой точки зрения, так как в некоторых случаях позволяют получить определенную выгоду, например, за счет использования уловленного CO<sub>2</sub> на нефтегазовых месторождениях в качестве агента для увеличения нефтеотдачи (CO<sub>2</sub>-EOR (enhanced oil recovery)).

### Технологии CC(U)S – сущность и мировой опыт

Комплекс CC(U)S – это название набора технологий, которые обычно соединены в единую технологическую цепь и направлены на улавливание CO<sub>2</sub>, его очистку и подготовку, транспортировку, использование и/или захоронение [Fateen, Hafez, 2016; Gür, 2022]. Технологическая схема CC(U)S в общем виде представлена на рис. 1.

Такие цепи могут состоять из разного набора этапов (например, только из захвата, транспортировки и захоронения газа), реализовываться в различных отраслях промышленности со своими особенностями, например, решения CO<sub>2</sub>-EOR для нефтегазовой отрасли [Mohammad и др., 2020]. Улавливание газа может осуществляться как с промышленных источников, так и напрямую из атмосферы (DAC (Direct Air Capturing)) с ис-

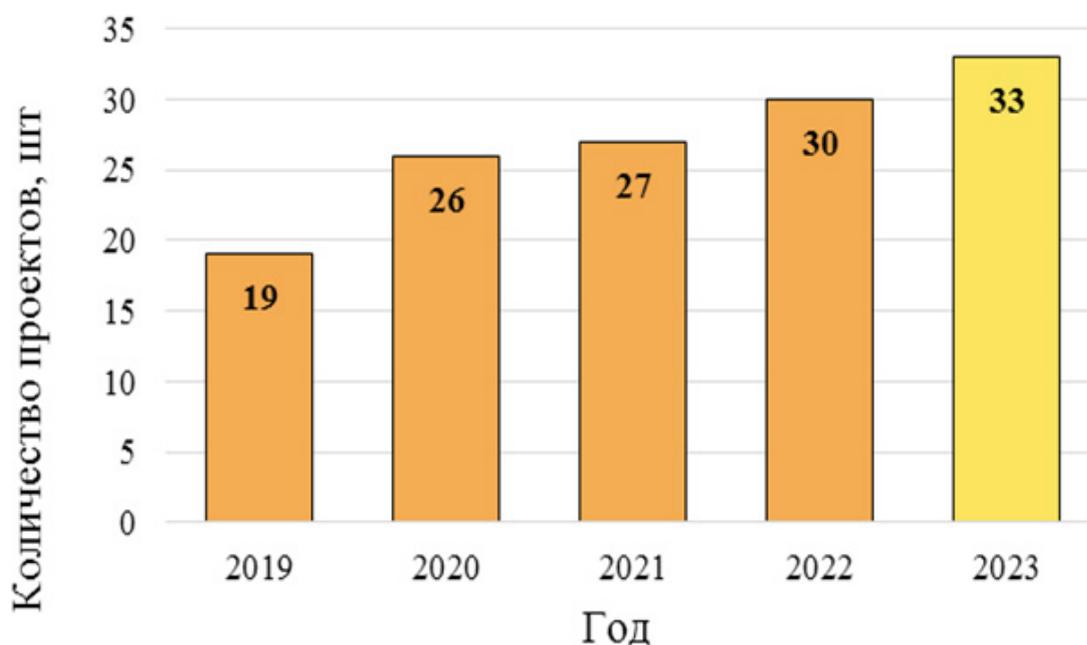


Рис. 2. Динамика изменения количества действующих коммерческих проектов CC(U)S в мире в 2019-2023 гг. Источник: составлено авторами, данные с [CCS Database]

пользованием различных технологий. Технологии, решения и способы, применяемые на стадиях улавливания, транспортировки и захоронения газа, также различны в каждом конкретном случае.

Технологии CC(U)S довольно стремительно развивались в течение последних 5 лет во многом благодаря тому, что по всему миру были запущены пилотные проекты, работа которых позволяла ученым и специалистам, действуя в тандеме, нарабатывать нужный опыт, приобретать необходимые знания и оперативно обмениваться информацией. По данным Глобального института CCS (Global CCS Institute), в настоящее время в мире насчитывается 33 действующих коммерческих проекта (рис. 2). Лидерами на сегодняшний день являются США, также уверенные позиции занимают Канада, Китай, страны Европы и Ближнего Востока. Данное распределение, в большей степени, объясняется активным внедрением регуляторных механизмов, а также мер государственной поддержки в указанных странах.

Сегодня действующие проекты в России отсутствуют, что обусловлено разными причинами. Тем не менее, этот комплекс технологий вызывает интерес как со стороны промышленности, так и на государственном уровне. По мнению экспертов, России необходимо внедрять накопленный опыт других стран в области CC(U)S для динамичного развития этого направления.

С учетом того, что существует большой набор вариантов реализации решений CC(U)S, в предыдущих исследованиях [Череповицына и др., 2022] авторами был разработан вариант комплексной классификации проектов CC(U)S по трем группам признаков: базовые (характеризуют основные отличительные признаки проектов: тип, источник выбросов, объемы мощностей), технологические (характеризуют технологические процессы: улавливание, транспорт, хранение CO<sub>2</sub>), организационно-экономические (характеризуют структуру, этапность и стоимость проектов). На рис. 3 представлены виды проектов CC(U)S по базовым признакам.

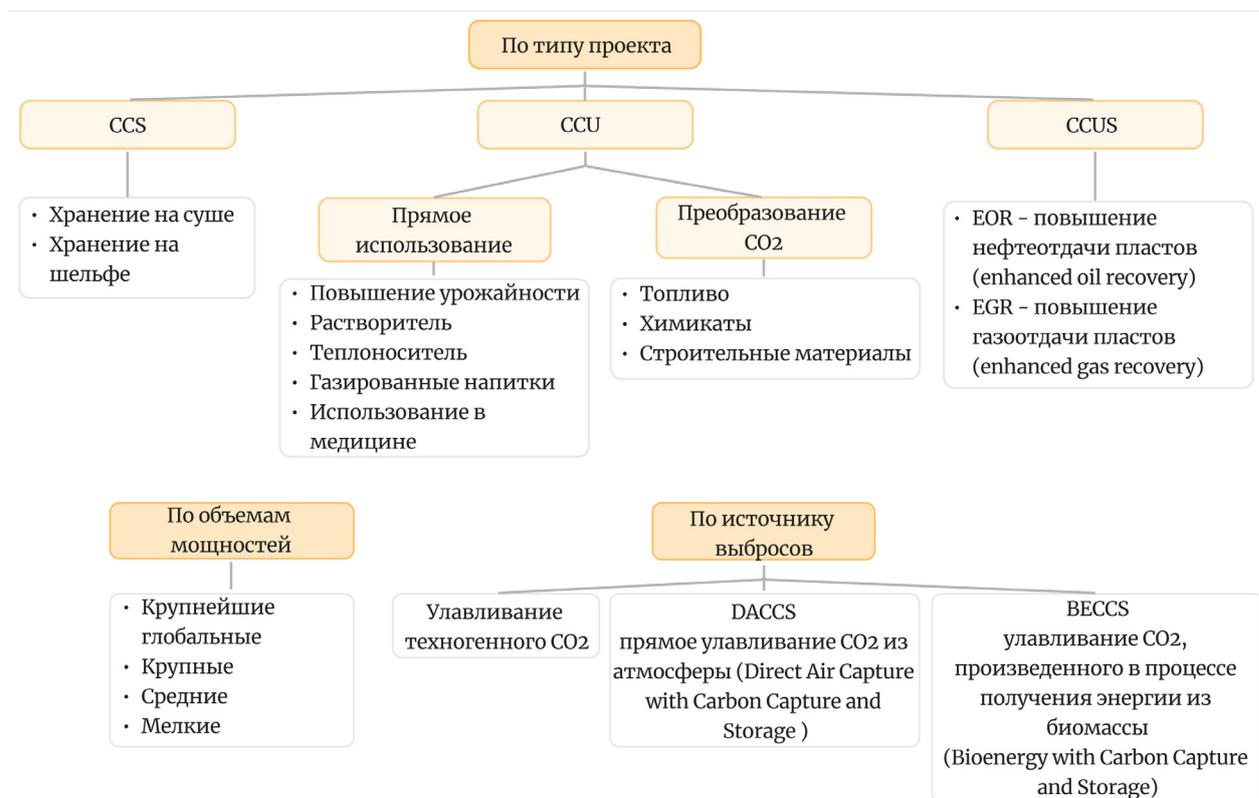


Рис. 3. Классификация проектов CC(U)S по базовым признакам. Источник: составлено авторами на основе [Череповицына и др., 2022].

Так, проекты CC(U)S могут иметь разные цели реализации, приобретать разные организационные формы, охватывать несколько отраслей промышленности. Технологические цепи CC(U)S отличаются комплексностью и могут носить межотраслевой характер, что особенно выражено в крупных кластерах и хабах CC(U)S, активно развивающихся в мире. Ярким примером последнего является норвежский проект «Northern Lights» – в будущем крупнейший хаб хранения и транспортировки углекислого газа в Европе.

### Технологии CC(U)S – сколько это стоит?

Высокие затраты на реализацию CC(U)S остаются одной из главных проблем мед-

ленного распространения таких проектов. Поэтому, изучая данную тему, важно понимать особенности формирования затрат, разницу стоимости внедрения в разных отраслях, а также факторы, влияющие на стоимость.

Следует отметить, что стоимость всей технологической цепи будет складываться из стоимости реализации отдельных звеньев.

Стоимость на 1 тонну CO<sub>2</sub> – основной показатель, используемый для подсчета и сравнения затрат на CC(U)S. Однако распространено два вида этого показателя: стоимость на 1 тонну CO<sub>2</sub> уловленного (captured) и стоимость на 1 тонну CO<sub>2</sub> предотвращенного (avoided).

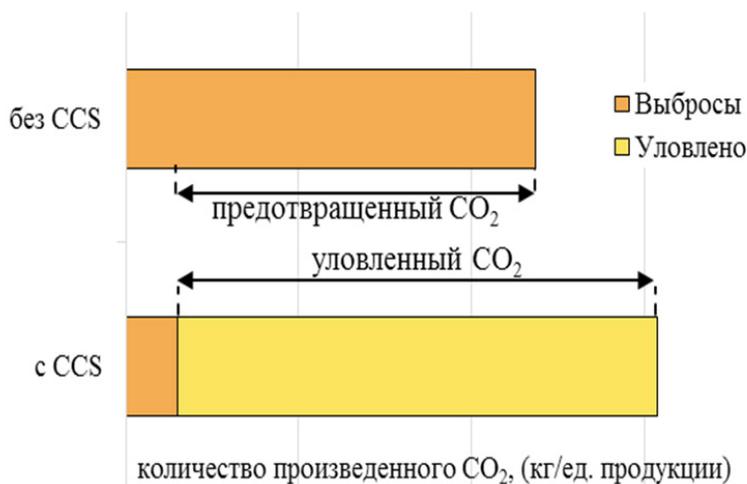


Рис. 4. Разница между массой уловленного и предотвращенного CO<sub>2</sub>.  
 Источник: [Intergovernmental Panel on Climate Change]

Разница между ними заключается в подходе к учету CO<sub>2</sub> и отражена на рис. 4.

Опираясь на показатель «Стоимость на одну тонну CO<sub>2</sub>», можно проводить сравнение стоимости внедрения технологий в разных отраслях, что особенно актуально для этапа улавливания, а также опции декарбонизации между собой (например, что дешевле – развивать ВИЭ или улавливать CO<sub>2</sub> на традиционных мощностях?). На рис. 5 представлены основные отрасли-адаптеры технологий улавливания CO<sub>2</sub>, которые условно разделены по источ-

никам с высокой и низкой концентрацией CO<sub>2</sub> в отходящем потоке газов. Можно увидеть, что между величиной затрат и концентрацией CO<sub>2</sub> существует обратная зависимость, и отрасли можно условно разделить на «дорогие» и «дешевые» по стоимости улавливания. К «дорогим» относятся такие как энергетика, цементное и сталелитейное производство, а также улавливание из атмосферы (DAC). К «дешевым», в свою очередь – химические и перерабатывающие производства [Скобелев и др., 2023].

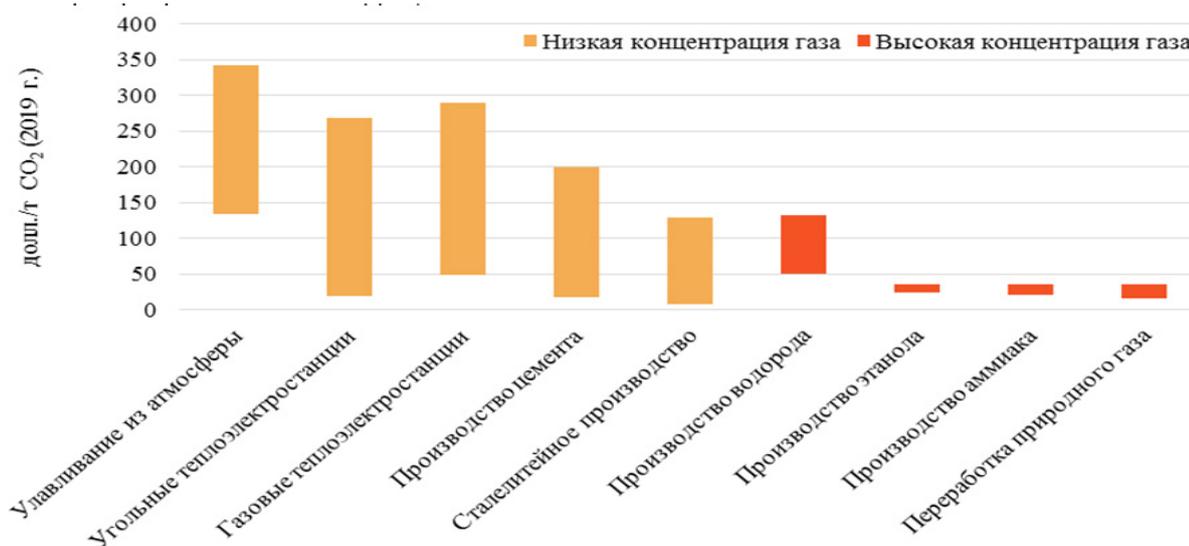


Рис. 5. Стоимость улавливания CO<sub>2</sub> из атмосферы и по отраслям промышленности (2019 г.).  
 Источник: составлено авторами на основе [National Petroleum Council; IEA; Moch и др., 2022]

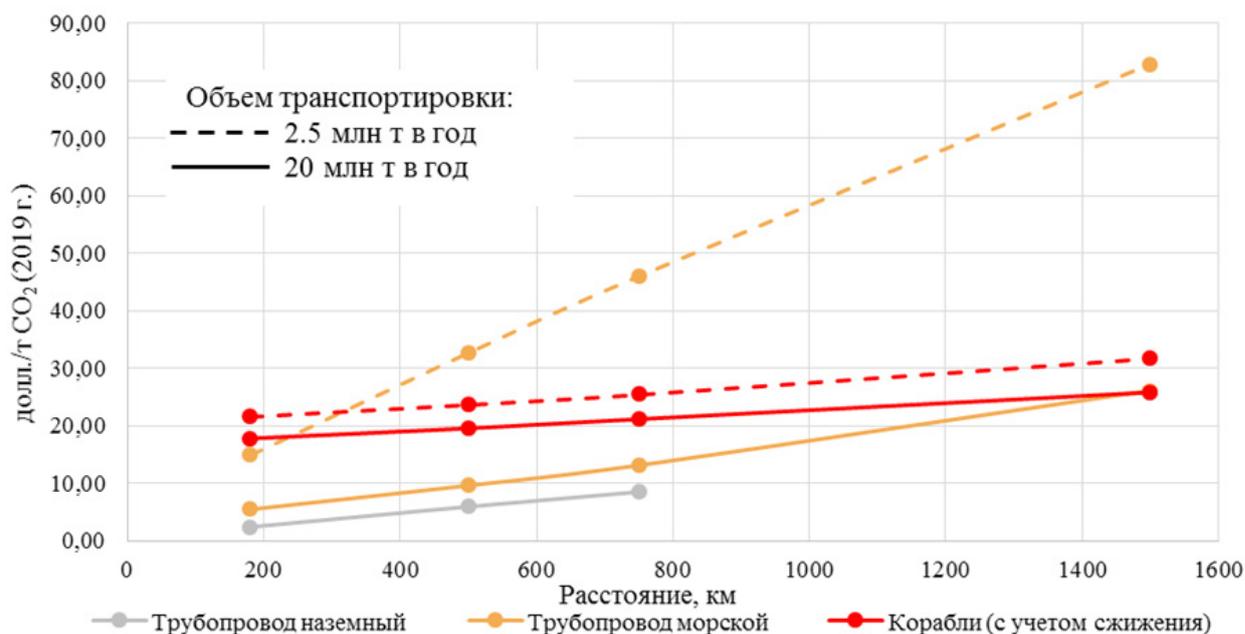


Рис. 6. Расходы на транспортировку CO<sub>2</sub> на большие расстояния (2019 г.).  
 Источник: составлено авторами на основе [ZEP]

На рис. 6 представлено изменение затрат на транспортировку 1 тонны CO<sub>2</sub> в зависимости от вида транспорта, расстояния и объема транспортируемого газа. Можно отметить, что увеличение объемов перевозки может значительно снизить удельные затраты, особенно

это актуально для трубопроводного транспорта, которому свойственна высокая доля капитальных затрат. Затраты на корабельный транспорт, в свою очередь, отличаются низкой чувствительностью к изменению расстояния перевозки.

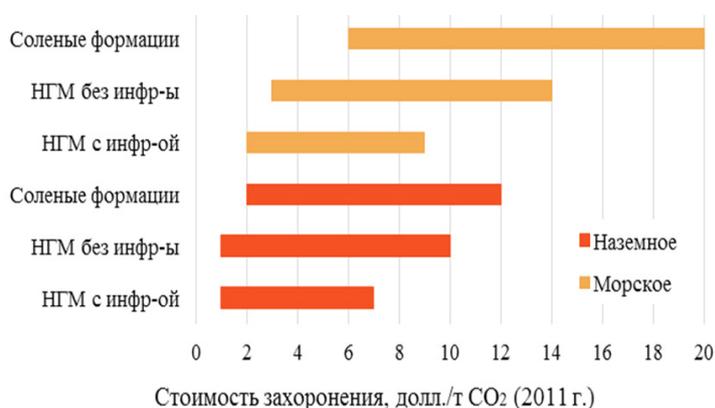


Рис. 7. Расходы на захоронение CO<sub>2</sub>.  
 Источник: составлено авторами на основе [ZEP]

Сравнивать удельные затраты на захоронение оказывается сложнее в связи с тем, что стоимость закачки будет сильно зависеть от специфических, уникальных характеристик конкретного хранилища / нефтегазового месторождения (НГМ). На рис. 7 представлена вариация затрат на хранение в зависимости от типа хранилища (с учетом пост-проектного мониторинга).

Для понимания, от чего зависит представленное различие в затратах, давайте обобщим факторы, оказывающие влияние на стоимость внедрения CC(U)S.



Рис. 8. Основные факторы, определяющие уровень затрат на CCS.  
Источник: составлено авторами на основе [Скобелев и др., 2023].

На рис. 8 представлены ключевые факторы, определяющие величину затрат на разных этапах технологической цепи. На этапе улавливания величина затрат будет преимущественно зависеть от парциального давления  $\text{CO}_2$  в потоке отходящего газа и возможности реализации эффекта масштаба [Vains и др., 2017]. Этап транспортировки – от расстояния и объемов перевозки, а захоронение – типа хранилища и наличия существующей инфраструктуры на объекте [Budinis и др., 2018].

### Оценка затрат на внедрение $\text{CC(U)S}$ в условиях России

Несмотря на то, что энергетический сектор сегодня представляется наиболее перспективным для внедрения технологий  $\text{CC(U)S}$ , эконо-

мическая целесообразность подобных проектов все еще вызывает сомнения. Авторами была проведена оценка затрат на внедрение технологий улавливания в условиях РФ на примере угольной Апатитской ТЭЦ в Мурманской области. Стоимостная оценка была основана на расчете увеличения нормированной стоимости энергии (Levelized cost of energy – LCOE) при внедрении системы улавливания и стоимости 1 тонны предотвращенного  $\text{CO}_2$ .

Исходные данные для расчета представлены в таблице 1. С учетом мощности ТЭЦ и средней нормы выбросов от угольных электростанций, можно оценить, что потенциальный годовой объем улавливания составит около 409 тыс т  $\text{CO}_2$ . Капитальные затраты рассчитаны по стоимости установки улавливания на объекте-аналоге. Большая доля операционных затрат приходится на электрообеспечение работы установки.

Расчет выявил, что стоимость производства 1 кВтч электроэнергии увеличилась на 13.8 руб. после внедрения системы улавливания (при средней стоимости 2-4 руб./кВтч для населения и 5-6 руб./кВтч для предприятий). Стоимость 1 тонны предотвращенного  $\text{CO}_2$  для рассматриваемого проекта составит 15 780 руб. на тонну (~263 долл. на тонну).

До настоящего времени в мире было реализовано только два коммерческих проекта улавливания на угольных электростанциях – Boundary Dam (Канада) и Petra Nova (США). Согласно данным Международного энергетического агентства (International Energy Agency – IEA) [Is carbon capture too expensive?], стоимость улавливания с годами снижается: с 110 долл. за тон-

Таблица 1  
Входные данные по проекту. Источник: [Cherepovitsyna, 2022]

Показатель	Ед. изм.	Значение
Установленная мощность ТЭЦ	МВт	230
Годовая выходная мощность	млн кВтч	449.6
Средняя норма выбросов	кг/кВтч	1.01
Коэффициент улавливания	%	90
Потребление электроэнергии установкой	кВтч/кг $\text{CO}_2$	0.31
Цена угля	руб./т	1098

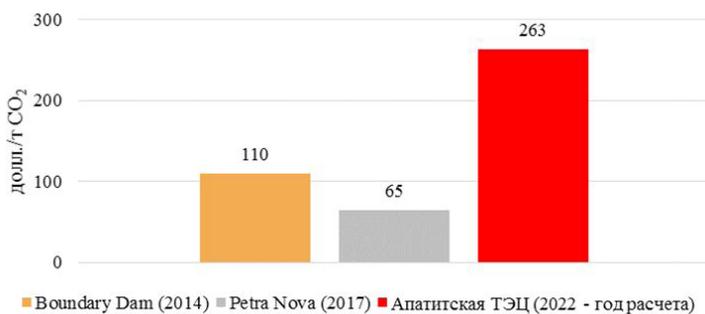


Рис. 9. Стоимость улавливания CO<sub>2</sub> на Апатитской ТЭС: сравнение с проектами-аналогами. Источник: Составлено авторами

ну на Boundary Dam (2014 г.) до 65 долл. за тонну на Petra Nova (2017 г.) (рис. 9). Доходы проектов поступают за счет продажи CO<sub>2</sub> нефтегазовым компаниям для операций CO<sub>2</sub>-EOR (10-35 долл. за тонну [Policy priorities to intensive large scale deployment of CCS]), и поддержка проектов осуществляется за счет налоговых льгот. Несмотря на дополнительное налоговое стимулирование, проект Petra Nova все же был приостановлен в 2020 г. по экономическим причинам.

Стоимость улавливания на Апатитской ТЭС выше, чем на зарубежных проектах. Это связано с высокими капитальными затратами, а также отсутствием эффекта масштаба (установки малой мощности) и высоким энергопотреблением установки (преимущественно более 20% для установок типа «после сжигания»).

В таблице 2 представлены опции, позволяющие повысить экономическую эффективность проектов и их статус относительно рассмотренного проекта. Низкая стоимость электроэнергии в регионе (для примера – одноставочный тариф для населения 3.4 руб./кВтч в 2023

году) не позволяет включить затраты на улавливание в цену продукции. Учитывая также отсутствие углеродного регулирования и финансовой государственной поддержки проектов, для экономической целесообразности их реализации необходимо найти покупателя для уловленного CO<sub>2</sub>.

Наиболее реалистичным сценарием является продажа CO<sub>2</sub> нефтегазовым компаниям, но в рассматриваемом регионе нет крупных действующих нефтяных месторождений, а транспортировка на большие расстояния значительно увеличит стоимость улавливаемого CO<sub>2</sub>.

### Выводы

Внедрение технологий CC(U)S на существующие объекты способно снизить углеродный след производства продукции без существенного изменения технологической цепи и, таким образом, «продлить жизнь» углеродоемким производствам в текущем стремлении к мировой декарбонизации. Необходимость расширения мощностей CC(U)S для достиже-

Таблица 2  
Способы повышения доходности проектов CC(U)S. Источник: составлено авторами

Опция	Статус
Продажа уловленного CO <sub>2</sub>	Отсутствие нефтегазовых месторождений в регионе (для решений CO <sub>2</sub> -EOR)
Включение затрат на улавливание CO <sub>2</sub> в цену основной продукции	Затраты на улавливание (13.8 руб./кВтч) существенно выше цены на электроэнергию в регионе (3.4 руб./кВтч).
Экономия по налогу на выбросы	Недоступно в настоящее время
Участие в углеродном рынке	Недоступно в настоящее время
Получение государственной поддержки	Недоступно в настоящее время

ния нулевого уровня выбросов подтверждают прогнозы мировых аналитических агентств, так как даже при значительных объемах снижения выбросов от энергетики и промышленности останутся объемы, избежать которых все еще будет невозможно. Так, развитие CC(U)S в энергетике является мерой, позволяющей достичь компромисса между растущим энергопотреблением и медленными темпами энергоперехода во многих странах.

С другой стороны, актуальность технологий CC(U)S подтверждается их соответствием концепции циркулярной экономики. Мировые производства в рамках устойчивого развития продолжают стремиться к «замыканию» производственных цепочек, что на практике означает утилизацию и повторное использование отходов производства. Комплекс CC(U)S направлен на развитие способов и технологий, позволяющих осуществлять улавливание и полезное использование CO<sub>2</sub>, что отвечает требованиям его возможного перевода из категории «отход производства» в «сырье» для производства новых продуктов.

Для бизнеса развитие данного направления может оказаться не только способом снижения углеродного следа основного производства, но и потенциальным направлением диверсификации. Так, например, нефтегазовые компании обладают набором конкурентных преимуществ

при реализации проектов CC(U)S и имеют потенциал монетизации своих компетенций в области транспорта и закачки газа через развитие и расширение деятельности по улавливанию, транспортировке, использованию и хранению CO<sub>2</sub>.

Технологии CC(U)S признаны как одна из составляющих комплексной дорожной карты общемировой декарбонизации. Кроме того, в качестве меры они выделены в Стратегии низкоуглеродного развития РФ. Однако для достижения необходимого эффекта технологии требуют масштабирования по всему миру, что является серьезным вызовом, в том числе и для России. Учитывая высокий уровень затрат по подобным проектам, важным является поиск путей их снижения в каждом конкретном случае. Например, уменьшение капитальных вложений в конкретных кейсах и странах может быть достигнуто за счет более масштабного развития технологий, модуляризации, эффектов масштаба и накопления опыта, создания кластеров и хабов. В текущей ситуации условием жизнеспособности проектов является наличие в регионе их реализации мер государственной поддержки развития низкоуглеродных инициатив.

При условии разработки и совершенствования оптимальной системы государственной поддержки технологии CC(U)S имеют потенциал развития в полноценную «новую отрасль».

### Список литературы:

1. Декарбонизация нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты России. Отчет Сколково. URL: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_Decarbonization\\_of\\_oil\\_and\\_gas\\_RU\\_22032021.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Decarbonization_of_oil_and_gas_RU_22032021.pdf) (дата обращения: 27.03.2023).
2. Парижское соглашение. Организация Объединенных Наций. 2015. URL: [https://unfccc.int/files/meetings/paris\\_nov\\_2015/application/pdf/paris\\_agreement\\_russian\\_.pdf](https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian_.pdf) (дата обращения: 02.04.2023).
3. Скобелев Д.О., Череповицына А.А., Гусева Т.В. Технологии секвестрации углекислого газа: роль в достижении углеродной нейтральности и подходы к оценке затрат // Записки Горного института. 2023. Т. 259. С. 125-140. doi: 10.31897/PMI.2023.10.
4. Череповицына А.А., Дорожкина И.П., Костылева В.М. Секвестрация и использование углекислого газа: сущность технологий и подходы к классификации проектов // Экономика промышленности. 2022. Т. 15 (4). С. 473-487. doi: 10.17073/2072-1633-2022-4-00-00.
5. Bains P., Psarras P., Wilcox J. CO<sub>2</sub> capture from the industry sector // Science. 2017. V. 63. P. 146-172. doi: 10.1016/j.pecs.2017.07.001.

6. BP Statistical Review of World Energy. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (дата обращения: 07.04.2023).
7. Budinis S., Krevor S., Mac Dowell N. An assessment of CCS costs, barriers and potential // *Energy strategy reviews*. 2018. V. 22. P. 61-81. doi: 10.1016/j.esr.2018.08.003.
8. CCS Database. Global CCS institute. URL: <https://co2re.co/FacilityData> (дата обращения: 12.04.2023).
9. Cherepovitsyna A.A., Kuznetsova E.A., Guseva T.V. The costs of CC(U)S adaptation: The case of Russian power industry // *Energy Reports*. 2022. V. 9 (2013). P. 704-710. doi: 10.1016/j.egyr.2022.11.104.
10. Fateen Seif-Eddeen, Hafez Ahmed. CO<sub>2</sub> Transport and Storage Technologies // *Carbon Dioxide Capture: Processes, Technology and Environmental Implications*. 2016. P. 257–276.
11. Friedlingstein P., O'Sullivan, M., Jones M. Global Carbon Budget 2022 // *Earth System Science Data*. 2022. V. 14. P. 4811-4900. doi: 10.5194/essd-14-4811-2022.
12. Gür T. M. Carbon Dioxide Emissions, Capture, Storage and Utilization: Review of Materials, Processes and Technologies // *Progress in Energy and Combustion Science*. 2022. V. 89. doi: 10.1016/j.pecs.2021.100965.
13. IEA: CCUS in Clean Energy Transitions. Part of Energy Technology Perspectives URL: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/181b48b4-323f-454d-96fb-0bb1889d96a9/CCUS\\_in\\_clean\\_energy\\_transitions.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/181b48b4-323f-454d-96fb-0bb1889d96a9/CCUS_in_clean_energy_transitions.pdf) (дата обращения: 10.04.2023).
14. Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group III. Special report on carbon dioxide capture and storage. // Cambridge University Press. 2005. 443 p.
15. Is carbon capture too expensive? URL: <https://www.iea.org/commentaries/is-carbon-capture-too-expensive> (дата обращения: 12.04.2023).
16. Kearns D., Liu H., Consoli C. Technology Readiness and Costs of CCS. 2021. URL: <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2021/04/CCS-Tech-and-Costs.pdf> (дата обращения: 20.03.2023).
17. Moch J.M., Xue W., Holdren J.P. Carbon Capture, Utilization, and Storage: Technologies and Costs in the U.S. Context. Policy Brief. January 2022. URL: <https://www.belfercenter.org/publication/carbon-capture-utilization-and-storage-technologies-and-costs-us-context> (дата обращения: 10.04.2023).
18. Mohammad M., Isaifan R., Weldu Y., Rahman M., Al-Ghamdi S. Progress on Carbon Dioxide Capture, Storage and Utilization // *International Journal of Global Warming*. 2020. V. 20 (2). P. 124-144. doi: 10.1504/IJGW.2020.105386.
19. National Petroleum Council: Meeting the Dual Challenge, A Roadmap to at-scale deployment of carbon capture use and storage. Chapter Two – CCUS Supply Chains And Economics. URL: [https://dualchallenge.npc.org/files/CCUS-Chap\\_2-030521.pdf](https://dualchallenge.npc.org/files/CCUS-Chap_2-030521.pdf) (дата обращения: 10.04.2023).
20. Policy priorities to intensive large scale deployment of CCS. Global CCS Institute. URL: <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2019/04/TL-Report-Policy-priorities-to-incentivise-the-large-scale-deployment-of-CCS-digital-final-2019-1.pdf> (дата обращения: 12.04.2023).
21. Robiou du Pont Y., Meinshausen M. Warming assessment of the bottom-up Paris Agreement emissions pledges // *Nature Communications*. 2018. V. 9 (1). P. 4810. doi: 10.1038/s41467-018-07223-9.
22. Wilberforce T., Baroutaji A., Soudan B., Al-Alami A., Olabi A. Outlook of carbon capture technology and challenges // *Science of The Total Environment*. 2019. V. 657. P. 56–72. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.424.
23. World Resources Institute. URL: <https://www.wri.org/> (дата обращения: 02.04.2023).
24. ZEP: The Costs of CO<sub>2</sub> Capture, Transport and Storage 2011 URL: <https://zeroemissionsplatform.eu/wp-content/uploads/Overall-CO2-Costs-Report.pdf> (дата обращения: 10.04.2023).

## ЛЕТОПИСЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН. 2016 ГОД

О.А. Бодрова, Я.А. Стогова

Центр гуманитарных проблем Баренц региона, научно-организационный отдел КНЦ РАН,  
o.bodrova@ksc.ru

Публикация продолжает летопись Кольского научного центра Российской академии наук и представляет основные события из его истории в 2016 г.: результаты научных исследований, итоги научно-организационной деятельности, сведения о научно-практических мероприятиях, общественной жизни, государственных и научных наградах сотрудников, о достижениях Центра, а также фотографии из рабочих архивов структурных подразделений и научно-организационного отдела ФИЦ КНЦ РАН.

**Ключевые слова:**

*история науки,  
Кольский научный  
центр, летопись,  
2016 год*

## ANNALS OF THE KOLASCIENCECENTER. YEAR 2016

O.A. Bodrova, Y.A. Stogova

Barents Centre of the Humanities, Department of Science Management KSC RAS, o.bodrova@ksc.ru

The publication continues the chronicle of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences and presents the main events from its history in 2016, specifically the results of researches, scientific and management activities, information on events, social life, state and scientific awards and transformations, as well as photographs from the Archive of the Department of Science Management of FRC KSC RAS and its Institutes.

**Keywords:**

*Science history,  
Kola Science Center,  
annals, 2016*

### Январь

Международная минералогическая ассоциация утвердила новый минерал горяиновит, названный в честь главного научного сотрудника Геологического института КНЦ РАН, доктора геолого-минералогических наук, профессора П. М. Горяинова. Горяиновит был открыт на одном из шведских железорудных месторождений и стал знаком признания со стороны мировой научной общественности вклада Павла Михайловича в геологию и петрологию месторождений полосчатой железорудной формации Балтийского щита.

### 29 января

В конференц-зале Кольского научного центра прошло выездное заседание Совета муниципальных образований Мурманской области с участием губернатора М. В. Ковтун. Одним из вопросов, обсуждавшихся на собрании, стали причины низкого уровня интереса в секторе малого и среднего предпринимательства к научным разработкам ученых, ориентированным в основном на добычу и переработку минерального сырья и требующим больших финансовых вложений и долгих сроков окупаемости.

## 12 февраля

На базе Кольского научного центра состоялась IV конференция научных обществ Мурманской области, в работе которой приняли участие члены более 10-ти региональных отделений российских и международных обществ, представившие 15 докладов в области минералогии, геологии, горного дела, химии, биологии, экологии, философии и антропологии. На открытии конференции в честь прошедшего Дня российской науки прозвучали поздравления от губернатора Мурманской области М. В. Ковтун, председателя Мурманской областной Думы М. В. Ильиных, депутата Государственной Думы РФ от Мурманской области В. А. Язева, главы города Апатиты А. Г. Гилярова. С лекцией «Геном неандертальца» и сообщением о сетевом проекте «Диссернет» выступил приглашенный гость – доктор биологических наук М. С. Гельфанд. Общая дискуссия, завершившая конференцию, была посвящена проблемам популяризации и борьбы с псевдонаукой.

## 26 февраля

В Институте экономических проблем КНЦ РАН прошел круглый стол на тему «Социально-экономическое развитие Арктической зоны России в период мировой экономической неопределенности», организованный учеными ИЭП совместно с Общественной палатой Мурманской области. В обсуждении проблем и перспектив развития Арктики приняли участие сотрудники управления и институтов Кольского научного центра, представители Мурманской областной Думы, Мурманского арктического государственного университета, Кольского филиала ПетрГУ, «Технопарка» в городе Апатиты, Кольского экологического центра и Апатитской городской администрации.

В центре внимания участников круглого стола оказались такие острые вопросы развития регионов АЗРФ, как разработка федерального закона «О развитии Арктической зоны Российской Федерации», социальная устойчивость регионов Севера, приоритеты социальной



На заседании круглого стола «Социально-экономическое развитие Арктической зоны России в период мировой экономической неопределенности».

Источник: «Кировский рабочий» от 3 марта 2016 г.

Выступление  
молодежного хора  
Петрозаводского  
государственного  
университета во время  
культурной программы  
семинара в ПГИ,  
2 марта 2016 г.  
Источник: сайт



политики в Арктике, экологическая безопасность, международное сотрудничество и взаимодействие в Баренцевом / Евроарктическом регионе.

### 29 февраля – 4 марта

В Полярном геофизическом институте в Апатитах состоялся 39-й ежегодный семинар «Физика авроральных явлений». В семинаре приняли участие около 90 человек из 22 научно-исследовательских институтов и университетов страны и 2 сотрудника зарубежных организаций. Всего было представлено 47 устных и 62 стендовых докладов, посвященных новейшим результатам российских ученых в области исследования геофизических процессов на широтах авроральной и субавроральной зон. На семинаре также состоялось подведение итогов конкурса на соискание диплома имени Юрия Павловича Мальцева «За лучшую работу молодого российского ученого» (по итогам 2014–2015 гг.), в котором участвовали 11 молодых ученых из восьми исследовательских институтов и университетов. Победителем был объявлен М. В. Клименко (Западное отделение Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН, г. Калининград).

### 12 марта

В Музее истории изучения и освоения Европейского Севера ЦГП КНЦ РАН открыта выставка «Краса восточной Лапландии», посвященная памяти Анастасии Елисеевны Мозолевской – саами, мастера декоративного прикладного творчества, первого руководителя общественной организации «Чёпесь сáмь» (Мастеровые саамы), соавтора книг о саамском рукоделии «Саамский костюм», «Саамское рукоделие», «Саамские узоры».

На выставке были представлены реконструкции костюмов и вышивок XIX века, выполненные самой Анастасией Елисеевной и ее учениками, книги, личные документы, фотографии, связанные с жизнью и творчеством Анастасии Елисеевны.

### 26 марта – 3 апреля

На базе Института информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН прошла XI Всероссийская конференция «Методологические проблемы управления макросистемами», организованная московским Институтом системного анализа РАН. На мероприятии рассматривались общие вопросы развития методологии системного подхода и системного анализа, теория макро-



Открытие выставки «Краса восточной Лапландии». Справа налево: врио председателя КНЦ РАН Ю. Л. Войтеховский, директор ЦГП КНЦ РАН В. П. Петров

систем, практические проблемы разработки информационных технологий управления макросистемами. В работе конференции приняли участие более 40 ученых и аспирантов из Института системного анализа РАН, Института проблем управления РАН им. В. А. Трапезникова, Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН, Института проблем машиноведения РАН. К проведению конференции была приурочена молодежная секция «Информационные технологии и математическое моделирование», которая ежегодно проводится в рамках XIX Межрегиональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в Кольского филиала ПетрГУ.

### 28–30 марта

Горный институт КНЦ РАН совместно с Институтом горного дела УрО РАН организовали телемост между Апатитами и Екатеринбургом для проведения X Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Про-

блемы недропользования». В конференции участвовали молодые ученые из Апатитов, Екатеринбурга, Ковдора («Ковдорский ГОК»), Самары, Санкт-Петербурга, Перми, Хабаровска, представившие 43 доклада в секциях «Проблемы открытой, подземной и комбинированной геотехнологии», «Транспортные системы карьеров и геотехника», «Геофизика», «Геоинформатика», «Геомеханика и геодинамика», «Экономические и экологические проблемы недропользования», «Управление качеством минерального сырья», «Разрушение горных пород», «Переработка техногенных отходов». Конференция была направлена на установление междисциплинарного диалога и повышение квалификации молодых ученых в таких областях, как геотехнология, геоэкология, геоэкономика, геомеханика.

### Апрель

Международная минералогическая ассоциация утвердила новый минерал селивановаит,



Обложка программы региональной конференции «Антропология арктического города». Использована работа С. Ю. Никонова «Апатиты», 2008 г.

открытый в эвдиалитовых луавритах горы Аллуйв Ловозерского массива и названный в честь научного сотрудника Геологического института КНЦ РАН Екатерины Андреевны Селивановой за ее вклад в минералогию щелочных комплексов и участие в открытии 14 новых минералов.

#### 4–5 апреля

Геологический институт и Кольское отделение Российского минералогического общества на площадке ГИ КНЦ РАН провели XIII Всероссийскую (с международным участием) Ферсмановскую научную сессию, посвященную Дню геолога и следующим историческим датам: 100-летию со дня рождения председателя президиума КФ АН СССР, министра геологии СССР, вице-президента АН СССР, академика АН СССР

А. В. Сидоренко, 100-летию со дня рождения директора Геологического института КФ АН СССР, заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора геолого-минералогических наук И. В. Белькова, 200-летию Российского минералогического общества, 60-летию Кольского отделения РМО. Работа конференции проходила по секциям «История науки», «Региональная геология, геофизика и полезные ископаемые», «Геохимия и геохронология», «Общая и генетическая минералогия», «Технологическая и экспериментальная геология», «Экология».

#### 7 апреля

В Центре гуманитарных проблем Баренц региона КНЦ РАН состоялась региональная конференция «Антропология арктического города: теория, методология, полевые исследования», посвященная столетию Мурманска и 50-летию Апатитов. На пленарном собрании и заседаниях секций «Город и горожане Мурманской области», «Этнокультурные процессы и городская среда» ученые обсуждали темы «Мурманск: история, биография, образ», «Миграционные процессы и формирование городских общностей», «Культурное наследие региона: традиции коренного населения», «Религиозные процессы в городах Кольского Севера» и другие. С докладами и в итоговой дискуссии выступили сотрудники Кольского научного центра, Мурманского арктического государственного университета, Кольского филиала Петрозаводского государственного университета, Мурманского государственного технического университета, Мурманского областного краеведческого музея.

#### 11 апреля

В Полярном геофизическом институте прошла конференция «Полярные процессы в атмосферах Земли и планет», в работе которой приняли участие ученые Института космических исследований РАН и ПГИ КНЦ РАН. На мероприятии, посвященном исследованиям физических процессов в полярных областях атмосфер Земли, Марса, Венеры и спутника Сатурна Титана, обсуждались экспериментальные методы дистанционного изучения физических процессов атмосфер и ионосфер Земли, планет Солнечной

системы и их спутников, рассматривались данные наблюдений за космическими процессами, результаты и методы численного моделирования динамики атмосфер ионосфер, химические и фотохимические процессы в атмосферах и ионосферах Земли и планет, а также последние достижения экспериментальных и теоретических исследований этих процессов.

#### 14–16 апреля

В Институте экономических проблем им. Г. П. Лузина состоялась VIII Международная научно-практическая конференция «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения – 2016». Участниками конференции стали более 230 человек, в число которых вошли первый заместитель губернатора Мурманской области А. М. Тюкавин, член Президиума Совета по Арктике и Антарктике при Совете Федерации РФ, президент Союза городов Заполярья и Крайнего Севера И. Л. Шпектор, представители Общественной палаты РФ, ученые России, Норвегии, Финляндии, Швеции, сотрудники образовательных учреждений, бизнеса, аспиранты и студенты. Тематические секции были организованы по следующим направлениям: «Глобализация и экономические процессы в Арктике» «Рациональное природопользование, охрана окружающей среды и особо охраняемые территории в Арктике: управление, экономика, технологии, изменение климата», «Социальная политика в Арктике: национальный, региональный, муниципальный, корпоративный аспекты», «Инновационное развитие экономики Севера и Арктики», «Регионы и муниципалитеты Севера и Арктики России: тенденции, стратегии, перспективы социально-экономического развития», «Тенденции государственной и корпоративной финансовой политики в Арктике в новых геоэкономических условиях», «Будущее Севера и Арктики России глазами молодых исследователей».

#### 20–22 апреля

На базе Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева состоялась X Межрегиональная научно-техническая конференция

молодых ученых, специалистов и студентов вузов «Научно-практические проблемы в области химии и химических технологий», в работе которой приняли участие более 100 представителей ИХТРЭМС КНЦ РАН, Мурманского государственного технического университета, в том числе студенты кафедры химии и строительного материаловедения Апатитского филиала МГТУ, а также иногородние участники. Было представлено 2 пленарных, 28 секционных, 6 стендовых и 10 заочных докладов, отразивших результаты исследований молодых ученых по разработке подходов к комплексной переработке сложного полиметаллического минерального сырья, техногенных отходов пирро- и гидрометаллургическими методами, по изучению синтеза и свойств функциональных материалов, по вопросам сорбции и экстракции цветных, редких и благородных металлов, по использованию современных сорбентов и экстрагентов, проблемам производства стройматериалов на основе природного и техногенного сырья Мурманской области.

#### 13 мая

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН провел конференцию молодых ученых «Перспективные направления исследований экосистем арктических и южных морей России», посвященную 50-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН, директора Азовского филиала ММБИ Д. Г. Матишова. В 2016 году традиционная конференция молодых ученых ММБИ прошла в рамках XIV Международной конференции студентов и аспирантов «Проблемы Арктического региона». Программа научного мероприятия, в котором приняли участие 58 человек, включала более 20 докладов, из них 12 докладов молодых ученых и аспирантов ММБИ. Сообщения докладчиков базировались на современных данных, полученных в ходе экспедиционных и экспериментальных исследований в Баренцевом, Карском морях и на архипелаге Шпицберген, в том числе по изучению морфологических и поведенческих адаптаций морских млекопитающих и биологии отдельных звеньев морских экосистем.



На VI Российско-Китайском научно-техническом форуме «Проблемы нелинейной геомеханики на больших глубинах». ГОИ КНЦ РАН, 2016 г. Источник: «Наука и жизнь» от 16 июня 2016

### 13–17 июня

Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук организовал на своей площадке два масштабных научных мероприятия: X Международную школу-семинар «Физические основы прогнозирования разрушения горных пород» и VI Российско-Китайский научно-технический форум «Проблемы нелинейной геомеханики на больших глубинах». Более 100 человек (40 иностранных специалистов и 80 российских ученых) приняли участие в обсуждении современных достижений в области изучения закономерностей разрушения

массивов горных пород, а также снижения инженерно-сейсмического риска, в том числе при ведении горных работ на больших глубинах. Этим направлениям были посвящены две основные секции форума – «Мониторинг сейсмотектонических деформаций и связанных с ними процессов» и «Природная и наведенная сейсмичность, напряженное состояние и разрывные структуры». Целью проведения форума и школы-семинара являлся обмен опытом ученых в четырех проблемных областях горного дела: разрушении горных пород и моделировании процессов развития очагов землетрясений



На VI Российско-Китайском научно-техническом форуме «Проблемы нелинейной геомеханики на больших глубинах». ГОИ КНЦ РАН, 2016 г. Источник: статья Светланы Наглис, «Мурманский вестник» от 22 июня 2016 г.

и горных ударов, в обсуждении теории катастроф, изучении предвестников землетрясений и новых подходов к прогнозированию землетрясений, а также в теории и практике изучения, прогнозирования и предотвращения катастроф в подземных горных выработках.

#### 4–10 сентября

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН совместно с Институтом географии РАН, Географическим факультетом МГУ им. М. В. Ломоносова и Институтом физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН провели международную школу-конференцию молодых ученых «Климат и эколого-географические проблемы Российской Арктики». В рамках мероприятия состоялись лекции ведущих ученых и доклады молодых специалистов в области исследования биологии, экологии, географии, палеогеографии, климатологии и океанологии полярных районов России. Тематика конференции была посвящена изучению природы, проблемам освоения и сохранения Арктики, перспективам развития Арктического региона, оценке качества состояния и эволюции арктических экосистем, вопросам их сохранения и устойчивого развития, а также социально-экономическим проблемам освоения природных ресурсов Северной Евразии. В работе конференции приняли участие 75 представителей 15 исследовательских институтов, вузов и организаций из 7 городов России: Москвы, Санкт-Петербурга, Томска, Рязани, Воронежа, Апатитов, Кировска, – ученые Института географии РАН, Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Института физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН, Научно-исследовательского института космической гидрометеорологии «Планета», Гидрометцентра России, Российского государственного гидрометеорологического университета, Санкт-Петербургского государственного университета, Института наук о Земле, Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Хибинской учебно-научной базы, Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Воронежского ин-

ститута высоких технологий, Рязанского государственного университета им. С. А. Есенина, Института оптики атмосферы СО РАН, Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН.

#### 5–9 сентября

Состоялась международная научная школа-конференция «Цианопрокариоты (цианобактерии): систематика, экология, распространение», организованная Кольским научным центром, Институтом проблем промышленной экологии Севера, Полярно-альпийским ботаническим садом-институтом им. Н. А. Аврорина и Мурманским отделением Русского ботанического общества. На заседаниях мероприятия и во время круглого стола 30 специалистов обсудили широкий круг вопросов, связанных с изучением систематики прокариот, экологии и географического распространения представителей этой группы, а также с «цветением» водоемов. Проведение школы-конференции было направлено на консолидацию усилий ученых разных специальностей (альгологов, микробиологов, генетиков, молекулярных биологов, физиологов), занимающихся изучением цианопрокариот, и на создание специальной платформы для проведения дискуссий и взаимодействия российских ученых с ведущими международными коллегами. Практическая часть мероприятия включала три полевые экскурсии, на которых были продемонстрированы методы сбора образцов и фиксации экологических параметров местообитаний, измерение газообмена, азотфиксации в природных популяциях в условиях Хибинских гор. На специально организованной микроскопной сессии прошли практические семинары, посвященные современным методам микроскопии и морфологической идентификации видов.

#### 16 сентября

Больница и поликлиника Кольского научного центра вошли в состав КНЦ РАН в качестве структурного подразделения Научно-исследовательского центра меди-



Пресс-конференция, посвященная присоединению больницы КНЦ РАН к Кольскому научному центру. Слева направо: главный врач больницы КНЦ РАН Л. А. Степина, врио председателя КНЦ РАН Ю.Л. Войтеховский, директор НИЦ МБП В.В. Мегорский.  
 Источник: статья Светланы Наглис в «Мурманском вестнике» от 22 ноября 2016 г.

ко-биологических проблем адаптации человека в Арктике на основании приказа Федерального агентства научных организаций России и соответствующей записи в Едином государственном реестре юридических лиц. Директором объединенного Научно-исследовательского центра (НИЦ МБП КНЦ РАН) назначен кандидат медицинских наук В. В. Мегорский, его заместителем по медицине – главный врач Л. А. Степина. При сохранении привычной структуры учреждения – круглосуточного стационара терапевтического и хирургического отделений, дневного стационара, поликлиники – больницы КНЦ РАН стала одновременно площадкой для научных исследований.

### 3–7 октября

В Геологическом институте КНЦ РАН прошла 27-я молодежная школа-конференция «Актуальные проблемы геологии, геофизи-

ки и геоэкологии Северо-Запада России», посвященная памяти члена-корреспондента РАН К. О. Кратца (1914–1983) и академика Ф. П. Митрофанова (1935–2014). Программа конференции включала пленарные и секционные доклады по следующим направлениям: «Месторождения полезных ископаемых», «Региональная геология, геохронология и стратиграфия», «Геохимия, минералогия и петрология», «Геоэкология и четвертичная геология», «Геофизика». В рамках полевого практикума для участников были организованы экскурсии на Мончеплутон и в Музей цветного камня им. В.Н. Дава в г. Мончегорске, в Кукисвумчорр на Кировский рудник, на мемориал научной станции «Тьетта», в оранжереи Полярно-альпийского ботанического сада-института КНЦ РАН, в Музейно-выставочный центр ОАО «Апатит» в Кировске, в Музей геологии и минералогии им. И. В. Белькова в Геологическом институ-

те Кольского научного центра, в Музей истории изучения и освоения Европейского Севера России КНЦ РАН. Всего в работе школы приняли участие 92 исследователя из Апатитов (ГИ КНЦ РАН, ИППЭС КНЦ РАН, АФ МГТУ), Кировска (АО «Апатит»), Петрозаводска (ИГ КарНЦ РАН, ПетрГУ), Санкт-Петербурга (ИНЗ СПбГУ, Санкт-Петербургский горный университет, ИГГД РАН, ВСЕГЕИ, АО «Росгеология»), Сыктывкара (ИГ КомиНЦ РАН, СыктГУ), Москвы (МГУ, МГРИ, ГЕОХИ и ИГЕМ РАН), Черногловки (ИЭМ РАН), Новосибирска (НГУ, ИГМ СО РАН), Улан-Уде (БурятГУ, ГИН СО РАН), а также из Канады (Университет Манитоба) и Великобритании (Школа наук о Земле и океане университета Кардиффа).

### 10–14 октября

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН совместно с Лапландским государственным природным биосферным заповедником при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Отделения наук о Земле РАН провели в Апатитах VI Всероссийскую научную конференцию с международным участием «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения». На конференции было представлено 73 секционных и шесть стендовых докладов, посвященных антропогенной и природной динамике тундровых и лесных экосистем, сохранению биоразнообразия, современным тенденциям изменения водных экосистем Севера, геохимии природной среды, моделированию природных процессов и технологическим аспектам охраны окружающей среды, влиянию природных и социально-экономических условий на здоровье человека в районах Крайнего Севера, а также развитию современных подходов и ресурсосберегающих технологий в природоохранной деятельности. В работе конференции приняли участие представители 46 исследовательских институтов, вузов, заповедников и организаций из 13 городов России и двух городов Финляндии: Москвы, Санкт-Петербурга, Петрозаводска, Сыктывкара, Томска, Пушино,

Кировска, Мончегорска, Колари и Турку, пос. Раякоски и др. Общее число участников конференции составило 98 человек.

### 17–18 октября

В Геологическом институте КНЦ РАН при информационной поддержке Кольского отделения и Комиссии по истории Российского минералогического общества прошла XIII Всероссийская (с международным участием) научная школа «Математические исследования в естественных науках». Основное внимание молодых ученых традиционно было направлено на поиск универсальных математических подходов к решению широкого круга задач в естественных науках. В работе научной школы приняли участие сотрудники академических институтов и университетов из Апатитов, Москвы, Благовещенска, Владимира, Томска, Мирного, Кишинева (Молдова), Киева и Днепрпетровска (Украина), представившие свои очные и заочные доклады в 3 секциях: «Математика и кристаллография», «Геология и геофизика», «Химия и биология».

### Октябрь

Вышел в свет последний, пятый том «Кольской энциклопедии» – масштабного универсального научно-справочного издания о Мурманской области, содержащего систематизированную информацию о природе, истории, политике, административном устройстве, экономике, социальной сфере, культуре, науке и искусстве, личностях, которые внесли значимый вклад в развитие региона. В разные годы главными редакторами томов энциклопедии были мурманский историк А. А. Киселев, ученый секретарь КНЦ РАН А. Н. Виноградов, заместитель председателя КНЦ РАН В. П. Петров. В работе над изданием, продолжавшейся на протяжении 13 лет, приняли участие несколько десятков специалистов из самых разных областей знания: ученые, работники высших учебных заведений, научно-исследовательских институтов РАН, архивов, музеев и библиотек, представители творческих союзов, краеведы, написавшие в общей сложности более 10 000 статей.



Заключительное заседание научно-издательского совета и редакционной коллегии «Кольской энциклопедии» под председательством губернатора Мурманской области М. В. Ковтун. Выступающий – заместитель председателя Кольского научного центра, директор ЦГП КНЦ РАН, доктор геолого-минералогических наук В. П. Петров. Источник: «Мурманский вестник» от 12 октября 2016 г.

## 17–18 ноября

Представители Кольского научного центра РАН выступили на ежегодной конференции «Горнодобывающая промышленность Баренцева Евро-Арктического региона: взгляд в будущее», посвященной в 2016 году теме инноваций и конкурентоспособности горных предприятий. В конференции, организованной совместными усилиями Северной торгово-промышленной палаты, Правительства Мурманской области, Кольского научного центра, Евро-Арктической торговой палаты БЕАР при поддержке НП «Горнопромышленники России», приняли участие

более 150 человек: ученые, представители власти и бизнеса, промышленники из арктических государств и Южной Кореи. На пленарных заседаниях и круглых столах участники обсудили вопросы влияния федеральных целевых программ геологического изучения недр и развития минерально-сырьевой базы страны на повышение конкурентоспособности горнопромышленного сектора Арктической зоны РФ, применение российской техники и технологий для повышения конкурентоспособности горнодобывающих предприятий, а также роль науки в инновациях при разведке, добыче и перера-



Пресс-конференция в Зеркальном зале Кировского Дворца культуры, посвященная проведению конференции «Горнодобывающая промышленность Баренцева Евро-Арктического региона». Источник: «Кировский рабочий» от 24 ноября 2016 г.



Доктор технических наук В. А. Маслобоев и В. А. Котельников (второй и третий справа) на заседании VI Международного форума «Арктика: настоящее и будущее». Источник: сайт Форума

ботке твердых полезных ископаемых арктических территорий.

### 5–7 декабря

В Санкт-Петербурге состоялся VI Международный форум «Арктика: настоящее и будущее», организованный межрегиональной общественной организацией «Ассоциация полярников» (АСПОЛ), главной темой которого стала концепция формирования в Арктике опорных зон – проекта, разработанного Правительством в интересах развития Арктической зоны РФ. В рамках работы форума прошла презентация национального общественного стандарта «Экологическая безопасность Арктики», представляющего собой свод правил поведения в Арктике для всех работающих на ее территории организаций. В качестве ведущих экспертов для обсуждения Стандарта от Кольского научного центра РАН выступили начальник научно-инновационного отдела КНЦ РАН В. А. Котельников и директор Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН В. А. Маслобоев.

### Декабрь

В номинации «Специальная награда Russian Science Citation Index» в конкурсе самых высокоцитируемых российских ученых, который проводится компанией «Clarivate Analytics», первый приз за статью «Список печеночников (Marchantiophyta) России» (опубликована в журнале «Arctoa») получила группа авторов, в которую вошли сотрудники Полярно-альпийского ботанического сада-института КНЦ РАН доктор биологических наук Н. А. Константинова и кандидаты биологических наук Е. А. Боровичев и Ю. С. Мамонтов. По мнению экспертов, из всех наиболее цитируемых научных работ в журналах из списка «Russian Science Citation Index» эта статья оказала наибольшее влияние на мировые научные исследования по количеству отсылок к ней иностранных изданий.

### Благодарности:

Статья выполнена при поддержке федерального бюджета по теме государственного задания Центра гуманитарных проблем Баренц региона КНЦ РАН № FMEZ-2022-0028.

## ЛЮДМИЛА МОИСЕЕВНА ЛУКЬЯНОВА: ИСТОРИЯ ЖИЗНИ ДЛИНОЙ В 95 ЛЕТ ПРОДОЛЖАЕТСЯ...

Е. Ф. Марковская, Н. Ю. Шмакова, Н. С. Рак

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН  
n.rak@ksc.ru

Статья посвящена 95-летию юбилею старейшего сотрудника Полярно-альпийского ботанического сада-института, видного ученого-ботаника Л. М. Лукьяновой. Описан жизненный путь и становление Людмилы Моисеевны в науке. Подведены основные итоги научной деятельности Л. М. Лукьяновой и ее вклад в развитие физиологии растений на Кольском Севере.

### Ключевые слова:

Л. М. Лукьянова, экологическая физиология растений, ПАБСИ, РБО

## LYUDMILA MOISEEVNA LUKYANOVA: THE STORY OF 95 YEARS OF LIFE CONTINUES...

E.F. Markovskaya, N.Ju. Shmakova, N.S. Rak

Polar-Alpine Botanical Garden-Institute KSC RAS, n.rak@ksc.ru

The article is dedicated to the 95th anniversary of the oldest employee of the Polar Alpine Botanical Garden-Institute, a prominent Russian botanist L. M. Lukyanova. The life path and the formation of Lyudmila Moiseevna in science are described. The main results of the scientific activity of L. M. Lukyanova and her contribution to the development of plant physiology in the Kola North are observed.

### Keywords:

L. M. Lukyanova, plant physiology, PABGI, Russian Botanical Society

29 мая отметила 95-летний юбилей старейший научный сотрудник Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина Людмила Моисеевна Лукьянова.

Людмила Моисеевна Лукьянова (Закман) родилась в Ленинграде. Ее мать преподавала иностранные языки, отец работал инженером. Во время войны отец ушел на фронт, а семью эвакуировали на Урал. Но уже в 1942 году проектировщиков Волховского алюминиевого завода, в том числе и отца Людмилы Моисеевны, отозвали с фронта в Сталинск (потом Новокузнецк), где был построен Сталинский алюминиевый завод. Людмила Моисеевна с мамой переехали к отцу, и она поступила

в Новокузнецкий металлургический техникум на отделение КИП (контрольно-измерительные приборы), где была не только отличницей, но и Сталинской стипендиаткой.

После войны семья вернулась в Ленинград. Отец возражал против «мужской» специальности дочери и настоял на окончании средней школы. В 1946 году Людмила Моисеевна заканчивает 10 класс школы им. Ушинского (№47) и поступает на биологический факультет Ленинградского госуниверситета. В это время на факультете работали выдающиеся ученые и профессора: И. М. Догель, Д. Н. Кашкаров, А. В. Васильев, Д. Н. Насонов, Н. Л. Гербильский, В. Н. Сукачев, Н. А. Миняев, Д. И. Дейнека,

С. Д. Львов, З. Г. Разумовская, О. Н. Радкевич, И. Х. Блюменталь и др. На курсе учились так называемые «тридцатьдевятники», поступившие в университет в 1939 году и пропустившие из-за двух войн (финской и Отечественной) целых 6 лет! Это были не только сокурсники, но и друзья, а впоследствии выдающиеся ученые – директор Зоологического института Орест Скарлато, инициатор создания и директор Дальневосточного института моря Алексей Жирмунский (сейчас этот институт носит его имя), зам. директора Ботанического института Павел Соколов, доктора наук Юрий Нешатаев, Николай Горышин, Алексей Заварзин.

Руководителем дипломной работы Людмилы Моисеевны был Виктор Иванович Разумов, заведующий лабораторией физиологии растений ВИР, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент ВАСХНИЛ. Ему принадлежит открытие явления «фотопериодического последействия», роли интенсивности света в фотопериодической реакции и зависимости ее у культурных растений от их происхождения. Именно он впервые заговорил с Людмилой Моисеевной о Хибинах.

Первая ее научная работа была посвящена процессу яровизации и «разъяровизации» пшеницы. Это были трудные для биологии годы, связанные с феноменом «лысенковщины», но ни Виктор Разумов, ни его студентка не были связаны с «политической» деятельностью. После окончания ЛГУ многие остались в Ленинграде, а Людмилу Лукьянову и ее подружку Лидию Николаевну Филиппову романтика путешествий увела в земельную экспедицию на Камчатку, где они стали работать геоботаниками.

Людмила Моисеевна вспоминает:

“ Владивосток, Бухта Золотой рог, август, красота неопишная, купанье в соленой воде, встреча с медузами, потом лесовоз «Дзержинский» до п. Палана на Охотском берегу Камчатки и встреча с членами экспедиции (рук. В. П. Андреев). Работали круглый год, поскольку определяли оленеемкость (количество ягеля) пастбищ. Незабываемые ощущения от одежды, снаряжения, про-



Людмила Моисеевна Лукьянова на горе Вудъяврчорр (ПАБСИ)

водников (оленьи торбаса, кухлянки, нарты, олени с огромными выразительными глазами, каюры-коряки с остолами), езда на собаках, ночевки в меховых юртах, в меховых спальных мешках, еда у костров: вареное нерпичье мясо и рыбный наваристый суп с крупой, чай с запахом хвои можжевельника и мороженые ягоды брусники и шикши (водяники). В этой работе мне помогали местные жители: охотник и капитан катера Борис, Коля, Маруся, а конь-Орлик был моим личным транспортом.



Фото из архива Людмилы Лукьяновой

По ходу маршрутов составляли карту растительности с балльной оценкой по оленеёмкости отдельных растительных сообществ, на базе сводилось все в единую карту. А потом была встреча:

“ Помню страшную коричневую тушу медведя в реке, страх, паника, но закончилось все благополучно. Работу мы завершили, мяса наелись до отвала, шкуру медведя взяли с собой (потом многие годы уже в Кировске, она лежала у кровати). ”

На Дальнем Востоке Людмила Моисеевна вышла замуж, родился сын Сергей, и в навигацию лета 1953 года вся семья вернулась в Ленинград. Поступила лаборантом в лабораторию экологии (БИН РАН) к доктору биологических наук И. Н. Коновалову, а в 1954 году – в аспирантуру к Н. К. Кардо-Сысоевой в НИИ Полярного сельского хозяйства в Салехарде. В связи с неожиданным уходом Н. К. Кардо-Сысоевой на пенсию произошла смена руководителя: им стал Всеволод Петрович Дадыкин, доктор биологических наук, профессор, председатель Президиума Якутского филиала Академии наук СССР, председатель

Президиума Карельского филиала АН СССР (1960–1962), один из крупнейших исследователей жизни растений в экстремальных условиях. Сразу после окончания аспирантуры Людмила Лукьянова вернулась в Ленинград, работала по приглашению О. В. Заленского во Всесоюзном ботаническом обществе научно-техническим сотрудником, подготовила и защитила в БИНе диссертацию 25 апреля 1962 года.

По приглашению директора Полярно-альпийского ботанического сада, Р. Н. Шлякова Людмила Моисеевна с 3 мая 1962 года была принята на работу в ПАБС и получила возможность заниматься эколого-физиологическими исследованиями растений Субарктики. На первом этапе это было изучение содержания и состава пигментов пластид уместных и интродуцированных растений. А вся последующая работа была посвящена экологическим аспектам роли пигментов пластид в адаптации растений в условиях Кольского Севера. Тематика ПАБС, связанная с интродукцией растений, расширила эту задачу. Представилась возможность одновременного изучения механизмов адаптации аборигенных и интродуцированных растений к местным условиям.

“ В Хибинские мы (я, Р. Н. Шляков и А. В. Барановская) приехали 11 мая. Полосатые горы (еще много снега), солнце светит почти целые сутки, красота невероятная. Встретил нас автобусик, тряская дорога, приехали в Сад, поместили меня в угловую комнату, дали кровать, стул, познакомили с соседями – супруги Головкины и микробиолог Лариса Петрова. Наутро пошла на работу в домик физиологов. И опять мне повезло – встреча и долгая (54 года) дружба с Жанной Филипповной Онохиной и ее семьей. ”

С 1966 по 1970 годы Людмила Моисеевна, после получения звания старшего научного сотрудника, возглавляла лабораторию физиологии растений. С 1972 по 1988 годы руководила группой сотрудников этой лаборатории, занимающихся изучением  $\text{CO}_2$ -газообмена растений Кольской Субарктики.

“ Этот период стал весьма плодотворным – появилась идея создать полевую лабораторию для изучения горно-тундровых растений, и она была осуществлена. В СССР было всего две таких ла-

боратории – в Тарту у Лайска и у нас! В кунге (кузов грузовой автомашины) возле электроподстанции на склоне горы Айкуайвенчорр у дороги на плато Рассвумчорр мы работали почти 10 лет. Появились новые сотрудники, аспирантки. В виде двухтомного отчета материалы моей предполагаемой докторской хранятся в архиве Сада. ”

С 1988 по 1992 годы Людмила Моисеевна руководила группой экологической физиологии растений в составе лаборатории почвоведения. Ведущее направление исследований сотрудников группы – изучение структурно-функциональных особенностей фотосинтетического аппарата растений в условиях Субарктики. Эту работу выполнили почти на 80 видах представителей высших сосудистых растений и 15 видах мхов естественной флоры Хибин, а также на 30 видах растений-интродуцентов, произрастающих на питомниках ПАБСИ. Потом неожиданное увольнение в 1992... и в 2001 году ее вновь приглашают на работу в ПАБСИ, но уже в качестве ученого секретаря Института.



Фото  
из архива  
ПАБСИ КНЦ  
РАН



Л.М. Лукьянова и Л.Н. Филиппова.  
Фото из архива ПАБСИ КНЦ РАН



Именинница. Фото из архива  
ПАБСИ КНЦ РАН

“

*Тундра – чудо! И названья  
этим маленьким созданиям –  
Как в романах у фантастов,  
как в начале мирозданья.  
Вот послушай, как звучит –  
диапенсия, линнея,  
а еще гарриманелла,  
Кассиопа и дриада,  
бартсия и авенелла.  
Как герои, с лет древнейших  
землю эту заселяют  
И в условиях труднейших  
красотой своей пленяют...*

”

(Из книги Л.М. Лукьяновой  
«Хибинский венок»)

Людмила Моисеевна инициировала работу полевой передвижной лаборатории, которая позволила проводить физиологические эксперименты в естественных условиях произрастания растений в разных точках Хибинских гор. Надо заметить, что уникальные умения

и знания Людмилы Моисеевны помогли поддерживать оборудование в рабочем состоянии собственными силами. Ученые получили и обработали огромный массив данных и доказали эффективность эколого-физиологического подхода для изучения закономерностей образования органического вещества в растительных сообществах горной тундры Хибин.

На основании многолетних исследований Людмилы Лукьяновой опубликовано более 150 научных трудов, она стала соавтором трех монографий, была ответственным редактором многочисленных сборников научных работ сотрудников Ботанического сада.

Людмила Моисеевна прекрасно зарекомендовала себя как организатор, научный руководитель и наставник молодых исследователей. Она стояла у истоков становления научного пути Евгении Федоровны Марковской (Рыжовой), пришедшей после окончания ПетрГУ в 1967 году в ПАБС. Под ее непосредственным руководством и при ее неоценимой помощи были подготовлены и успешно защищены кандидатские (Т. Н. Локтевой, Н. Ю. Шмаковой,

О. В. Кудрявцевой, С. В. Литвиновой, О. В. Ермолаевой) и докторские (Н. Ю. Шмаковой, Н. С. Рак) диссертации. Ее широкая эрудиция, системность мышления и доброжелательность востребованы коллегами и сегодня.

Людмила Моисеевна за многолетнюю производственную и общественную работу награждена медалью «Ветеран труда». Она всегда активно и заинтересованно участвовала в общественной жизни Ботанического сада, являлась деканом биологического факультета народного университета и руководителем школы начинающего лектора, активным членом общества «Знание». Неоднократно избиралась председателем Кольского отделения ВБО.

Неоценим ее вклад в создание музея истории развития Полярно-альпийского ботанического сада-института имени Н. А. Аврорина. Людмила Моисеевна возглавляла учебно-научный отдел, руководила экскурсионной деятельностью в ботаническом саду, сама постоянно проводила многочисленные лекции-экскурсии по истории сада, подготовила к печати справочник-путеводитель по Полярно-альпийскому ботаническому саду в новой редакции. Людмила Моисеевна и по сей день своим оптимизмом и жизненной энергией продолжает заряжать окружающих ее коллег и друзей.

95 лет – это великое число, совсем немного отстоящее от векового юбилея! В этот день друзья и коллеги от всего сердца поздравляют Людмилу Лукьянову и искренне преклоняются перед ее мудростью.

Дорогая Людмила Моисеевна! Пусть ваш жизненный путь будет легким и светлым, а все трудности останутся позади, в истории, которую вы смогли достойно прожить!

“

*И, наконец, хочу Хибинам  
посвятить сонет –  
Здесь жизнь, работа, хобби  
за почти полсотни лет...*

#### СОНЕТ ХИБИНАМ

*Трудно высказать словами,  
а тем более в стихах  
Весь восторг, настрой свободы,  
легкость тела и души,  
Когда после восхождения вдруг  
окажешься в верхах –  
Все Хибины под тобою, тундра  
светится в тиши...  
Только ветер, теплый, влажный,  
чуть колеблет стебельки.*

*К земле прижатые растенья  
распростерты и мелки,  
Чтоб увидеть их цветенье  
на колени опустись  
И к легенде, что «не пахнут»,  
ты с сомнением отнесись  
Только аромат нежнейший  
осторожненько вдохни,  
Не тревожь, не рви в букеты,  
только в памяти храни...*

”

(Из книги Л.М. Лукьяновой  
«Хибинский венок»)

## ЖИЗНЬ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА. ХРОНИКИ

### ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВОПРОСАМ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ СОСТОЯЛАСЬ В АПАТИТАХ

Апрель для Кольского научного центра выдался насыщенным: сразу несколько его подразделений провели конференции различного уровня. Начала этот «марафон» всероссийская конференция «Теория и практика системной динамики», организованная Институтом информатики и математического моделирования им. В.А. Путилова Кольского научного центра РАН и Институтом системного анализа ФИЦ «Информатика и управление» РАН.

Обсудив на круглом столе моделирование сложных систем, исследователи из разных городов России приступили к работе по трем секциям: «Методологические вопросы моделирования динамики систем», «Системная динамика в исследовании социально-экономических систем» и «Информационные системы поддержки управления региональным развитием»: последняя стала наиболее активной.

Интересным открытием для участников стала возможность масштабирования математических методов: созданные для решения «маленьких» задач, они позволяют решать уже намного более обширные, «серьезные» проблемы. Большой потенциал системно-динамических моделей в изучении социальных процессов и управлении ими еще предстоит раскрыть.

“ Благодаря многолетнему тесному сотрудничеству с нашими коллегами из Института системного анализа и Санкт-петербургского института информатики и автоматизации мы имеем замечательную возможность каждый год встречаться под нашим арктическим весенним солнцем, делиться накопленным опытом и обсуждать современные научно-практические вопросы моделирования и управления динамическими системами, – отметил заместитель директора Института информатики и математического моделирования им. В. А. Путилова Андрей Федоров. – По сложившейся традиции для нас это важное научное мероприятие является отличной площадкой, на которой молодые ученые проходят апробацию гипотез, идей и решений, полученных в результате своих научно-исследовательских работ, проводимых под руководством ведущих научных сотрудников института. Лучшие работы находят практическое применение в междисциплинарных проектах ИИММ и подразделений ФИЦ КНЦ РАН, а также в работах с представителями бизнеса и власти Мурманской области. ”

Подготовила Надежда Щур

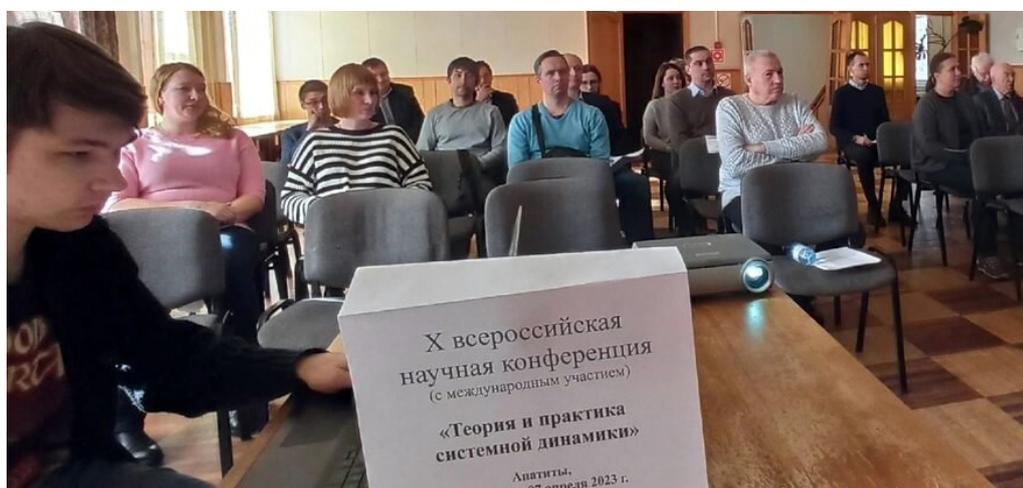


Фото  
А. Федорова



Первый день конференции.  
Фото Н. Щур



## ИСТОРИЮ ГУМАНИТАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ ОБСУДИЛИ ПРЕДСТАВИТЕЛИ РАЗНЫХ НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

“ Сейчас модно создавать изображения с помощью нейросети. Мне кажется, что если предложить нарисовать Кольский научный центр в виде человека, это будет портрет геолога, эколога, химика: с рюкзаком, молотком, микроскопом. Действительно, среди наших ученых преобладают представители естественнонаучного направления. Но в науке не бывает «больших» и «маленьких» направлений. Для нее все равны! И я надеюсь, что наша сегодняшняя конференция докажет, насколько для нас важны гуманитарные исследования!

”

Такими словами заместителя генерального директора КНЦ РАН по научной работе Евгения Боровичева началась региональная конференция «История гуманитарных исследований северо-западной части Российской Арктики», организованная Центром гуманитарных проблем Баренц-региона. Построена она была на принципах междисциплинарности. Этот подход в гуманитарных науках приносит очень хорошие плоды и позволяет вовлекать в исследования людей различных профессий и социальных кругов, что проиллюстрировала своим докладом о наследии супругов и коллег Елены Душечкиной и Алек-



Второй день конференции. Фото В. Данилиной

сандра Белоусова, рассматривавших проблемы антропологии через призму фольклора и художественной литературы, главный сотрудник ЦГП КНЦ РАН Ирина Разумова.

В конференции участвовали антропологи, социологи и историки из Центра гуманитарных проблем, Института этнологии и антропологии РАН, Социологического института ФНИСЦ РАН, Института языка, литературы и истории КарНЦ РАН и Мурманского арктического государственного университета, сотрудники Научного архива КНЦ РАН и Государственного архива Мурманской области в Кировске, а также представители других научных направлений – ботаники и геологи.

Доклад ведущего научного сотрудника Центра гуманитарных проблем Баренц-региона Ольги Шабалиной стал одновременно окончанием конференции и открытием выставки «Географика российских экспедиций XVIII–XX веков: к 300-летию Российской академии наук».

Подводя итоги дискуссий, участники отметили неожиданно «домашнюю», теплую, несмотря на живость обсуждений и разнообразие взглядов и подходов, атмосферу встречи.

*Подготовила  
Надежда Щур*

Фото  
Н. Щур



## ИНСТИТУТ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРОВЕЛ ЮБИЛЕЙНУЮ КОНФЕРЕНЦИЮ

Каждые пять лет в Апатитах проходит конференция «Исследования и разработки в области химии и технологии функциональных материалов». В 2023 году она была посвящена 65-летию Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева. – одного из самых крупных подразделений Кольского научного центра РАН.

Апатитские химики решают самые актуальные для региона задачи из области химических технологий и современного материаловедения, тесно сотрудничая с флагманами горнодобывающей отрасли. Многие разработки с успехом внедряются и на других предприятиях России.

Тесно связан институт и с ведущими научными организациями в нашей стране и за рубежом – это показал и состав участников конференции. Ведущие ученые из 24 городов России, Армении и Беларуси, представители промышленных организаций и вузов обсудили более 120 докладов об освоении сырьевой базы, переработке комплексного сырья и промышленных отходов, о достижениях в металлургии и создании строительных материалов, а также о синтезе новых функциональных материалов с заданными свойствами.

Председательствовали на конференции генеральный директор Кольского научного центра, академик Сергей Кривовичев, заместитель президента Российской академии наук академик Аслан Цивадзе и главный научный сотрудник ИХТРЭМС КНЦ РАН, доктор химических наук Сергей Кузнецов.

На пленарное заседание собрался полный конференц-зал Кольского научного центра. Многие участники присоединились к прямой трансляции.

“ 1957 год – год запуска первого спутника Земли. Развитие техники и науки шло семимильными шагами. Потребности в редкоземельных элементах, новых технологиях для электроники, металлургии, новых функциональных материалах резко выросли, – отметил в своем приветственном слове Сергей Кривовичев. – Неудивительно, что именно в этом году в Апатитах был создан новый исследовательский институт, задачей которого стало закрытие именно этих потребностей страны. ”

За свой многолетний труд и вклад в науку отметили почетными грамотами и благодар-



Моменты конференции.  
Фото А. Новикова и Н. Щур

ностями губернатора Мурманской области, почетными грамотами и благодарственными письмами главы администрации и главы города Апатиты, а также почетными грамотами генерального директора Кольского научного центра 27 выдающихся сотрудников Института химии.

Пленарными и секционными докладами – а работа в секциях проходила в течение двух дней в трех залах Института химии и Полярного геофизического института – программа конференции не ограничилась. Аслан Цивад-

зе и Сергей Кривовичев провели рабочее совещание, на котором руководители институтов и основных исследовательских направлений Кольского научного центра, именитые представители разных сфер научного знания обсудили проблемы поисковых работ, реальной оценки стоимости минерально-сырьевой базы России, администрирование исследований на уровне регионов и всей страны, а также внедрение собственных российских технологий в стратегических отраслях хозяйства.



Моменты конференции.  
Фото А. Новикова

Модераторами круглого стола «Научное оборудование: как достичь эффективности, доступности и адаптивности? Взгляд химиков» выступили заместитель генерального директора КНЦ РАН по научной работе, кандидат биологических наук Евгений Боровичев и заместитель директора Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова НИЦ «Курчатовский институт» по научной работе, кандидат химических наук Наталья Тюрнина. Участники горячо обсудили назначение уникальных научных установок и центров коллективного пользования и способы управления ими, распространенную в нашей стране стратегию «одинокого героя», тормозящую обмен опытом между научными коллективами, развитие и внедрение новых технологий и методик, и «высокотехнологичное хордерство», которое приводит к наращиванию количества оборудования вместо создания работающей системы.

Множество встреч на разных площадках, поездки и экскурсии удались благодаря организованной и самоотверженной работе 60 сотрудников Института химии при помощи всех служб научного центра.

“ Каждая конференция – это праздник, я бы сказал, фестиваль знаний, – подытожил Сергей Кузнецов. – И я считаю, этот фестиваль удался!

Материалы конференции, собранные в четырех томах журнала «Труды Кольского научного центра РАН. Серия: технические науки», доступны в электронном виде на сайте редакционно-издательского отдела КНЦ РАН.

Подготовила  
Надежда Щур

## В АПАТИТАХ ПРОШЛА МОЛОДЕЖНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ»<sup>1</sup>



Лучший доклад среди студентов подготовила Александра Варнавская. Фото А. Новикова

С 17 по 21 апреля в Институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья проходила конференция «Исследования и разработки в области химии и технологии функциональных материалов», посвященная 65-летию института. Ее завершающим аккордом стала ежегодная конференция молодых ученых, специалистов и студентов вузов «Научно-практические проблемы в области химии и химических технологий». Председатель оргкомитета конференции, заместитель директора ИХТРЭМС КНЦ РАН по научной работе, член-корреспондент РАН Анатолий Николаев подчеркнул, что роль химии в Кольском научном центре с каждым годом только увеличивается, и пожелал молодым исследователям удовлетворения от участия в хорошем деле.

Плодотворной работы пожелали всем заместитель председателя организационного комитета, кандидат химических наук Владимир Долматов и председатель Совета молодых ученых и специалистов Кольского научного центра, доктор технических наук Андрей Маслобоев. Они напомнили, что конференция стала одной из хороших традиций Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья благодаря ежегодной поддержке сотрудников института.

Самые юные исследователи выступили дистанционно. Руководила секцией «Юные ученые» научный сотрудник ИХТРЭМС КНЦ РАН, кандидат технических наук Любовь Бобрева. Обычно доклады здесь представляют ученики средних и старших классов апатитских и кировских школ, но в этом году

1. Впервые опубликовано [на сайте ФИЦ КНЦ РАН](#)

к ним присоединились Полярные Зори, Мончегорск и Африканда.

По итогам обсуждений жюри определило лучшие работы в каждой секции. В направлении «Химия» призовые места заняли ученицы десятых классов. На первом – Мария Арпентьева из кировской школы №5, на втором – Карина Веселова из апатитской школы №7. На третьем – снова представительница кировской пятой школы, Алена Урсу. В направлении «Физика» выделили две возрастные группы. Среди младших участников первое место заняла четвероклассница четырнадцатой школы города Апатиты Татьяна Никифорова, второе – ученик четвертого класса полярнозоринской школы №4, третье – шестиклассница апатитской школы №7 Ксения Анисимова. Среди старших лучшими снова оказались десятиклассники: Анжелика Коровкина из апатитской школы №4 на первом, Денис Теребов из кировской школы №5 на втором, Дмитрий Андреев из мончегорской гимназии – на третьем месте. В младшей группе по направлению «Биология» все призовые места завоевали ученицы апатитской школы №15: первое – шестиклассница Дарья Романова, второе – семиклассница Дарина Музланова, третье – пятиклассница Софья-Августина



Георгий Васильев стал лучшим среди молодых ученых и аспирантов. Фото А. Новикова

Микерина. Специальный приз вручили ученице восьмого класса третьей школы города Апатиты Анастасии Вихровой. Среди старших «золота» удостоилась ученица 10 класса апатитской гимназии Юлия Кухарчук, «серебра» – ученик 9 класса школы №7 города Апатиты Николай Минкин, а «бронза» досталась десятиклассникам апатитской пятнадцатой школы Станиславе Петровой и кировской пятой школы Марии Еникеевой.

Члены жюри не только оценивали работы, но и давали советы, рекомендовали, в каком пути двигаться при дальнейших исследованиях.

Свои рекомендации получили и участники других секций конференции. Здесь также определили авторов лучших докладов. Среди молодых ученых и аспирантов первого места удостоился Георгий Васильев, второго – Артем Соколов, третьего – Владимир Виноградов. Среди студентов на первом месте Александра Варнавская, на втором – Элина Бушуева, на третьем – Александра Баева.

Количество участников молодежной конференции в 2023 году оказалось меньше, чем в прошлый год. Всего 17 докладов! Связано это с тем, что большое количество молодых ученых Института химии приняли участие в юбилейной конференции «Исследования и разработки в области химии и технологии функциональных материалов», посвященной 65-летию института. Тем не менее, дискуссии и интересные вопросы звучали в зале даже от самых молодых аспирантов, пытающихся вникнуть в проблематику доклада. А небольшое количество людей в зале придавало легкости и уверенности в научном обсуждении. Также живой интерес к работам молодых ученых был отмечен у представителей промышленности Мурманской области, вопросы которых дали новую пищу для размышлений и будущих научных изысканий.

*Подготовили Владимир Долматов  
и Надежда Щур*



Участники отправляются на практическое занятие на льду Имандры. Фото К. Данилина

## ВТОРАЯ ШКОЛА-ПРАКТИКА ПОЛЯРНЫХ ЛИМНОЛОГОВ

С 10 по 14 апреля на мониторинговом полигоне Кольского научного центра собрались молодые исследователи из Москвы и Санкт-Петербурга, Петрозаводска и Калининграда, Архангельска и Миасса, Апатитов и Мурманска. Здесь прошла организованная Институтом проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН и Институтом водных проблем Севера Карельского научного центра РАН при финансовой поддержке Проектного офиса развития Арктики вторая Школа-практика полярных лимнологов.

Для учеников подготовили лекции и практические занятия от специалистов по изучению пресноводных водоемов, научно-популярные рассказы, мастер-классы и экскурсии. Заключительным испытанием стала защита групповых проектов.

В прошлый раз молодые лимнологи собирались в 2021 году, и предложенный тогда формат работы показал свою эффективность и для обучения, и для установления научных контактов между исследователями из разных городов, направлений и поколений. Такой об-

мен опытом создает хорошую базу для расширения направлений лимнологических исследований, – уверен заведующий лабораторией ИППЭС КНЦ РАН Захар Слуковский:

“ Я очень доволен тем, как прошло наше мероприятие. Мы реализовали практически все, что планировали. Дали участникам максимум знаний об озерах и рассказали о всевозможных лимнологических методах. И как показал последний день школы, участники все хорошо усвоили. Надеюсь, эти знания пригодятся им для дальнейшей научной работы в их институтах и университетах.

Третью школу организаторы планируют провести летом. Как отмечает Захар Иванович, специфика работ на водоеме будет отличаться, но они останутся столь же познавательными. Отчеты участников и организаторов, анонсы новых встреч можно найти в **группе Школы VK**.

Подготовил Константин Данилин

## ГЕОЛОГИЯ – НАУКА О ПРОШЛОМ, НО ЕЕ БУДУЩЕЕ НАСТУПАЕТ ПРЯМО СЕЙЧАС<sup>1</sup>

Двадцатая юбилейная всероссийская Ферсмановская сессия состоялась в Кольском научном центре по традиции сразу же после Дня геолога. Таким образом подвели итоги научного года, поделились планами на дальнейшие исследования и эксперименты, задали друг другу вопросы, выслушали доклады и дали им оценку. Она была единодушной: очень высокий уровень! Кроме выступлений с кафедры зала заседаний президиума КНЦ РАН, 13 докладов прочитали по видеоконференц-связи. Был подготовлен 31 стендовый доклад.

“ В этом году мы отмечаем два юбилея: осенью исполнится 140 лет со дня рождения Александра Евгеньевича Ферсмана, основоположника геологических исследований на нашей северной земле, одного из основателей Кольского научного центра и опосредованно – Геологического института, – поприветствовал гостей директор института Николай Козлов. – Это дата крупная, а у нас – более скромная: в двадцатый раз геологи со всей страны собираются в Апатитах, чтобы поделиться своими достижениями. ”

Генеральный директор Кольского научного центра Сергей Кривовичев открыл научную сессию словами:

“ Рад видеть здесь наших замечательных гостей и сотрудников КНЦ и хочу отметить, что носит встреча имя Ферсмана и проходит на улице, названной в его честь. Сложно найти среди русских и советских ученых второго, который внес бы такой фундаментальный вклад в минералогию и геохимию, а с другой стороны – был бы таким одаренным ор-

ганизатором, как Александр Евгеньевич. Перечитывая список всех его должностей, обязанностей и начинаний, удивляешься: как он успевал еще и наукой заниматься? Видимо, в пути, в купе поездов... Вообще, конечно, КНЦ – непосредственное детище Ферсмана, где нашли реализацию те идеи, которые были вдохновлены его учителем – Вернадским. Фигура Александра Евгеньевича обязывает нас хранить те академические традиции, которые были им воспитаны и переданы новому поколению минералогов и геохимиков. Последователей Ферсмана в шутку называли ферсманидами. Я желаю всем участникам сегодняшней конференции, чтобы по ее итогам мы тоже стали немножко ферсманидами и ферсманоидами. ”

Обо всем, чем занимается современная геологическая наука, от перемещения литосферных плит и ледникового воздействия, сейсмической активности и вулканизма до кристаллохимии, геофизики, минералогии и новейших исследовательских систем моделирования геологоразведки, современных автоматизированных методов анализа и поиска, можно было узнать на прошедшей конференции. Не остались без внимания и возможности комплексной переработки горнорудного сырья и отходов промышленной деятельности моногородов, а также экологические аспекты – например, в докладах о влиянии атмосферных выбросов ГОКа на снеговой покров или о ремедиации техногенно загрязненной почвы, а также идеи о возможностях переработки хвостовых отвалов в том числе и на редкометалльное сырье, дав, таким образом, новое направление

1. Впервые опубликовано [на сайте ФИЦ КНЦ РАН](#)



Выступает Сергей Кривовичев.  
Фото В. Данилиной

горным и химическим производствам Мурманской области.

В докладах ведущих ученых было рассказано о самых разных, перспективных месторождениях страны, и не просто с точки зрения добычи полезных ископаемых: слушатели узнали, как и по каким причинам, в какое время они образовались, что и когда было открыто и разведано от Камчатки и до Хибин, а также в чем фундаментальный смысл открытия новых минеральных видов. В целом дано широкое и красочное описание того, чем же занимается современная геология в поле и в кабинете, и спектр эти занятий поистине огромен и глубок.

Главный научный сотрудник ИГЕМ РАН, член-корреспондент РАН Александр Волков говорит о новых подходах к прогнозированию месторождений стратегических металлов:

“*Спрос на полезные ископаемые растет по мере роста численности населения планеты, а полезные ископаемые используются в более широком спектре*

*применении, особенно с внедрением новых технологий. Увеличивается количество вовлекаемых в производство видов металлов, и к 2100 году спрос на них вырастет в разы. Сейчас в России планируется ввод в строй двух суперкрупных рудников золота, меди, серебра, молибдена, при этом детальное изучение известных месторождений – ключ к открытию новых!*”

Продолжил тему РЗМ ведущий научный сотрудник ИГЕМ РАН Николай Кудряшов. Он познакомил присутствующих с зеленокаменным поясом Колмозеро-Воронье, интересным с точки зрения добычи лития, а также рассказал о других разведанных запасах в восточной части полуострова, таких, как, например, цезий на Гольцовом месторождении, тантал, бериллий, ниобий. На месторождении Васин-Мыльк был обнаружен уникальный высокогафниевый циркон, а также редчайший минерал гафнон, и это всего третья находка в мире после Австралии и Зимбабве.

Колмозерское месторождение – самое крупное в России. Оно было разведано еще в 1947 году, когда тут были обнаружены сподуменовые редкометалльные пегматиты. Колмозерское месторождение содержит это 18,9 % всех запасов лития в РФ, 75 млн тонн. В начале февраля 2023 года совместное предприятие «Норникеля» и «Росатома» получило лицензию на разработку Колмозерского месторождения, уже начались буровые работы.

Актуальным был и остается и вопрос о золоте на Кольском, в частности, на Титовско-Урагубском месторождении – доклад о нем прочел ведущий научный сотрудник Геологического института Аркадий Калинин.

Николай Олегович Сорохтин и Николай Евгеньевич Козлов представили 850-страничный труд: книгу об архее и протерозое полуостровов Рыбачий и Средний, их геологии, геодинамике, нефтеносности и алмазносности – итог грандиозной многолетней работы ученых. В этой монографии, в частности, рассказано о геодинамической эволюции в палеозое и геологическом строении стратиграфических



Константин Лобанов рассказывает о легендарной Мангазее. Фото В. Данилиной

подразделений полуострова Рыбачий и подстилающих архейских комплексов. Для экспериментов было пробурено две скважины – на 5 и 3,2 км.

“ Наши исследования шли от общего к частному. Кирпичи наших знаний мы вкладывали в теорию тектоники литосферных плит, касающейся примерно последнего миллиарда лет развития Земли. Скважины позволили добыть данные о глубоких горизонтах Земли и обозначить интервал времени, который представлен процессами, приведшими к обогащению земной коры в этом месте алмазами и углеводородным сырьем.

Ареал, который мы изучили с помощью скважин, позволил изучить и описать около множество шлифов и аншлифов, выявить рудные минералы и не только. Нефтегазоносность полуостровов мы оценивали по бурению глубоких скважин. Но неожиданно устойчивый приток газа был получен с помощью маленькой буровой уста-

новки на глубину до километра. А одной из десятка скважин мы получили приток метана, по своему составу имеющий ультра-легкие и более тяжелые изотопы углерода. Был поставлен вопрос о том, что регион является потенциально богатым на углеводородное сырье. В 1980-е годы наши предшественники провели аэрогазовую съемку по метану и пропану. Видно, что метан приурочен к разрывным нарушениям, а пропан в основном к четвертичным отложениям. В результате комплекса геолого-геофизических исследований были выделены наиболее перспективные участки для получения углеводородного сырья на полуострове Рыбачьем.

” Ученые изучили также акваторию Баренцева моря, прилегающую к Рыбачьему, на глубине от 150 до 250 метров. Исследования этой территории показали, что газ идет из рифейских отложений, что еще раз доказывает: на полуострове и прилегающей акватории могут быть месторождения углеводородного сырья.



Участники конференции слушают доклад. Фото В. Данилиной

“ Мы не прошли мимо алмазности региона, – продолжает Николай Сорохтин. – Сделали реконструкцию тектонических процессов и выяснили, на какой глубине какие массивы могут сформироваться. И действительно, алмазы были обнаружены в ручье на перешейке со стороны Среднего – три зерна в 40 килограммах пробы, а кроме них – минералы-спутники: муассониты, хромдиопсиды, хромшпинель и пиропы. Именно алмазные ассоциации в одной точке доказывают, что это не случайность, а система. Откуда они могли взяться? Аэрогазовая фотосъемка выявила целый ряд магнитных аномалий на Рыбачьем и на Среднем, часть из них может оказаться кимберлитовыми трубками взрыва. Но этим вопросом еще предстоит заниматься.

”  
Синтез новых материалов на основе минерального сырья – еще одна большая тема. Великолепный доклад прозвучал из уст профессора кафедры кристаллографии Институ-

та наук о Земле СПбГУ Олега Сийдра о саранчинаите и ительмените, которые дали начало новым синтетическим соединениям. Он упомянул, что синтезировать минералы необходимо для полного и наилучшего изучения их свойств, ведь природные не всегда идеальны из-за примесей. В его докладе также прозвучали новости о возможностях производства натрий-ионных и натрий-сульфатных аккумуляторов как альтернативы литий-ионным, ведь сульфатов в отличие от лития много, они дешевы и безопасны.

Руководитель Лаборатории арктической минералогии и материаловедения ГИ КНЦ РАН Сергей Аксенов познакомил с новыми данными о редкоземельных минералах эвдиалитовой группы – редкоземельных георгбарсановите, сергеваните, сиудаите и селсуртите. Рассказал он и о самом эвдиалите, который долго время представлял собой настоящую загадку для исследователей из-за своего крайне сложного кристаллического строения. Сотрудница той же лаборатории Елизавета Панкрушина сделала доклад о терморамановской спектроскопии

природного кубанита. Интересно, что Елизавета с коллегами изучала разными методами и средствами образец кубанита, предоставленный московским музеем имени Ферсмана. Елизавета – кандидат химических наук, научный сотрудник Института Геологии и геохимии им. акад. Заварицкого УрО РАН. Она приехала из Екатеринбурга на сессию впервые:

“ Основное мое место работы в Екатеринбурге, а в Апатитах работаю удаленно, у нас очень плотное сотрудничество в плане аналитики.

*Дни сессии для меня невероятно полезные, доклады очень мощные, очень впечатляющие, интерес к науке у участников огромный. И судя по выступлениям, чувствуется, что будущее уже настало! Еще очень приятно, что всегда есть ответ на вопрос – а где это можно применить? Звучит не чистая теория – «что-то нашли и измерили», – а разбираются непосредственно наши жизненные ситуации, создание новых функциональных материалов. В целом материаловедение сейчас на пике популярности, междисциплинарность сегодня очень сильно развивается. Я отмечу и важность живых дискуссий в кулуарах. Как правило, там рождается истина или хотя бы находятся поводы для размышления.*

**Как получилось, что вы изучали музейный образец?**

“ Это важно и здорово, что коллеги готовы предоставлять музейные образцы, ведь то, что ты нашел в природе, не всегда пригодно для исследования. В нашем случае даже у музейного образца мы обнаружили отклонения от идеальности. А в целом очень важно сотрудничество с музеями, с коллегами, создание баз данных.

**Синтетический аналог природного минерала – а для чего это необходимо? Казалось бы, нашли природный, применили к жизни, и достаточно...**

“ Не всегда природный минерал отвечает характеристикам идеальной аттестации, но иногда хочется понять, как он родился, преобразовывался за миллиарды лет под воздействием разных геологических событий: погружений, поднятий, выветриваний и так далее. Хочется изучить, что именно приводило к преобразованиям, повторить механизмы образования в лабораторных условиях и средах. Это перспективное направление, можно множество геологических процессов описать.

На сессии прозвучало много отчетов о текущей работе: об обследовании минералов, руд и пород разными способами, о находках, на основе которых могут быть сделаны открытия. Безусловно, коллегам было интересно и важно познакомиться с изысканиями, многие из которых носят чрезвычайно узкоспециализированный характер. Однако состоялись и общепублицистические выступления, например, открывший второй день сессии совместный доклад Евгения Боровичева и Сергея Кривовичева о сравнении взглядов минералога и ботаника на вид. А Михаил Сидоров по традиции Ферсмановских сессий познакомил собравшихся с новыми поступлениями за 2022 год в Геологический музей имени Белькова ГИ КНЦ РАН. Музей, в котором хранится 9378 образцов, является региональным, то есть знакомит с образцами исключительно Мурманской области, и представляет крупнейшее в мире собрание минералов Хибин, настоящую лабораторию для исследователей. В 2022 год в музей поступил алмаз с перешейка между полуостровами Рыбачий и Средний. Это второй алмаз в коллекции, первый был привезен из экспедиции на Терский берег. Кианит-гранатовый гнейс с Роват-острова (район Полярных Зорь). Появились здесь и очень редкий сульфид – раскумит – с Кировского рудника, хибинский апатит во флюорите от неизвестного дарителя, ставролит в слюдяном сланце с Кейв, пирит в микроклине с Оленьего ручья в Хибинах, сунгулит из оливинового карьера Лесная Варака, ковдорскит из Ковдора и тот самый сподумен из Колмозера.

Сергей Кривовичев подвел итоги конференции словами:

“ Для Геологического института Ферсмановская сессия – главное событие года. Недаром она всегда приурочена к Дню геолога. Я поражен уровнем докладов и отмечу, что от года к году он возрастает. Во многом, благодаря новейшему оборудованию, которое получает Кольский научный центр в последние годы. Запланированы большие совместные работы между специалистами Екатеринбурга и Апатитов. Это значимое достижение. Будем встречаться с ребятами, обсуждать дальнейшие перспективы работы.

Конференция по форме традиционная, но ее важность в том, что можно почерпнуть знания и узнать новости от коллег из самых разных, даже достаточно узких научных направлений. Одно дело – читать статью в журнале, и совсем другое – слушать выступающих, задавать вопросы, дискутировать в кулуарах с теми, кто занимается очень конкретным делом, буквально чувствует свою область исследования. Я для себя узнал очень много полезного в течение этих двух дней. Заочное общение не дает такого ощущения погружения, а оно нам абсолютно необходимо.

**Важное ли достижение – работа о Рыбачьем и Среднем?**

“ Конечно, монография такого рода очень нужна сегодня, тем более, что в ней представлены такие вещи, как например нефтегазоносность и алмазность полуостровов. Может быть, пока это звучит провокационно,

но зато какие перспективы – свой природный газ в Мурманской области! Какие это возможности открывает!

Мы уже отметили День геолога, и сегодня в зале КНЦ увидели самых передовых из них. Да и Геологический институт – то, с чего началась наука на Кольской земле, те, с кого пошло промышленное освоение края. Каков современный геолог, на ваш взгляд?

“ Мне кажется, что это тот, кто должен владеть современными методами исследований, от современных JPS-позиционирования, от полевых средств локации до химических и рентгеноструктурных, разнообразные спектроскопии, высоко-разрешающих уровней, то, что касается дальнейшего исследования образцов. Геолог сегодня владеет и численными моделями образования рудных комплексов, уже использует все методы, включая экспериментальные технологии исследования и теоретические модели с использованием новейших информационных компьютерных технологий. Это уже человек, очень технологически оснащенный по сравнению с тем, что было сто лет назад.

**Получается, что кино про геолога XXI века будет вовсе не динамичным?**

Почему же? В первой серии, летом, он идет с молоточком вдаль. А во второй уже, конечно, корпит в лабораториях, за компьютерным столом.

Подготовила  
Наталья Чернова

## ЦИФРОВОЙ РУДНИК В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ: ОСТРЫЕ ЗАДАЧИ И БОЛЬШИЕ ВЫЗОВЫ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ГОРНОГО ДЕЛА

14 июня в Горном институте КНЦ РАН состоялось официальное открытие Всероссийской научно-технической конференции с участием иностранных специалистов «Цифровые технологии в горном деле». За три дня работы на ней прозвучали более семидесяти докладов – в зале и с помощью онлайн-возможностей. Она стала активной рабочей площадкой для обсуждения научных и практических достижений в цифровизации горного производства, включая вопросы импортозамещения, а также обеспечения технологической независимости.

Директор Горного института, доктор технических наук Сергей Лукичев отметил, что по сравнению с конференцией 2021 года сегодня собралось гораздо больше участников – зарегистрированы 127 человек. При этом были представлены доклады из всех институтов горного профиля РАН, выступили также коллеги и из разных институтов Кольского научного центра.

Пленарные и секционные доклады в этом году не стали проводить параллельно, чтобы все могли ознакомиться с каждым. Основными темами обсуждения стали цифровые технологии и компьютерное моделирование объектов и процессов горного производства: для решения задач рациональной и безопасной отработки месторождений полезных ископаемых, в геомеханическом обеспечении горных работ, для решения задач повышения полноты и комплексности извлечения полезных ископаемых из рудного и техногенного минерального сырья, а также то, как можно использовать их в решении экономических и экологических проблем горной отрасли. Главная же задача всей конференции 2023 года – найти эффективные решения для процессов дистанционной автоматизации и роботизации управления технологическими процессами в горнодобывающей отрасли. Причем в условиях санкций и переходом

на отечественное программное обеспечение. Это – новые вызовы, ведь в связи с санкциями многие западные компании, доля присутствия которых была велика, ушли с российского рынка, и перед разработчиками ПО, учеными и производителями встала задача оперативно и максимально безболезненно перейти на российский софт.

“ В 2008 году, когда прошла первая конференция с подобной тематикой, казалось, что цифровые технологии – это интересный, перспективный момент, но в то время он не рассматривался как тренд или направление глобального использования не только в горнодобывающей промышленности, но и в других отраслях, – говорит Сергей Лукичев. – Прошло 15 лет, и мы уже не обсуждаем цифровые технологии как возможность. Сегодня это то, на чем строится система планирования, проектирования и управления горнодобывающих предприятий. И сегодня крайне необходимо, чтобы на цифровом рынке в большом масштабе были представлены российские разработки, без этого от какой-либо технологической независимости сложно говорить. Современный уровень горнодобывающих предприятий во многом зависит от уровня их цифровой трансформации этих предприятий.

”

В своем докладе, открывшем конференцию, Сергей Вячеславович напомнил, что сегодня построение геологических моделей и перевод их в цифровую среду – это основная задача, которую можно решать с помощью горно-геологических информационных систем в четырех направлениях: геология, маркшейдерия, открытые и подземные горные работы, а цифровой двойник ГОКа мог бы стать финальным результатом работы.



Открытие конференции. Фото Н. Щур

Напомнил он и об истории цифровизации горного дела в середине 1980-х, перед развалом СССР, когда существовало несколько специальных министерских программ. Развитие начиналось с решения отдельных геологических, маркшейдерских задач, мало связанных друг с другом и имеющих скромные средства обмена информацией. Развивалось в то время отечественное ПО усилиями энтузиастов.

Совершенствование цифровых инструментов, в том числе появление 3D-графики, которая позволила реалистично представлять объекты и обеспечивать снижение вероятности пространственных коллизий, а также развитие локальных вычислительных сетей и контролируемого доступа к данным, превратило разрозненные решения в единую горно-геологическую информационную систему (ГГИС). Она обладает возможностями трехмерной визуализации с построением векторной каркасной блочной модели, с использованием разных средств формирования разрезов, работает локально-вычислительная сеть с базами данных. Но существуют еще и базовые инструменты, которые применительно к геологии позволяют моделировать пробы скважин, отображать геофизические данные, строить достаточно сложные модели рудных геопластов и струк-

турных геологических элементов, вести геостатистику для исследования закономерности распределения полезных ископаемых и подсчета их запасов.

Применительно к маркшейдерии – это формирование базы данных маркшейдерских точек и ее использование в решении задач привязки проектных решений в пространстве, а также контроль за реализацией проектных решений. В открытых горных работах «цифра» поможет в оптимизации границ карьеров, в построении конструктивных элементов карьера, в формировании внутрикарьерных дорог, в проектировании буровзрывных работ и так далее. Многие из перечисленного используется и в подземных работах, но кроме этого, учитывая большую сложность моделирования, это и задачи параметрического проектирования, решение которых существенно облегчает работу технологов, а также планирование – от календарного, оперативного и до управления горными работами.

Областями цифровизации и источниками получения данных горных предприятий остаются разведка, мониторинг окружающей среды, информация по управлению горными работами, а также о состоянии технологического оборудования, социально-экономические данные, коммерческая и рыночная информация,



Участники конференции. Фото Н. Щур

информация о процессах горно-технических систем, топологические и геологические данные, промышленная безопасность.

Важно помнить, что цифровой рудник – это этап трансформации, ведущей к созданию цифрового двойника ГОКа, который позволит оптимизировать не только технологические схемы добычи, но также и принципы управления всей обогатительной технологией на действующем предприятии.

О новых перспективах горнодобывающей отрасли рассказал в своем докладе Валерий Захаров, академик РАН, директор института проблем комплексного освоения недр имени Мельникова:

“ *Цифровые горные технологии – это неразрывная часть процессов, которые развиваются в горнодобывающем и минерально-сырьевом секторе. Уровень*

современного горного оборудования, которое все больше оснащается системами контроля, позиционирования, приема и передачи различного типа информации, позволяет нам говорить о том, что технологии, адаптированные к горно-геологическим условиям, можно выстраивать как неразрывный процесс.

На мой взгляд, основная задача и компетенции, и того направления исследований, которые ведутся в этой области – найти максимально эффективные решения, которые позволяют нам выйти на автоматизированное, дистанционное и роботизированное управление технологическими процессами. Ведь горнодобывающий сектор является одним из самых высокорисковых, большая часть объектов, эксплуатируемых при добыче полезных ископаемых, являются опасными производствами. Вывод человека из зон с высоким риском получения травмы – это первоочередная задача, и она решается с помощью таких технологий. В этой части поле деятельности для нас громадное и очень плодотворное.

”

Валерий Николаевич подчеркнул, что успех цифрового трансформирования в том, чтобы связать все этапы горнодобывающего комплекса и обеспечить его функционирование с максимальным эффектом с точки зрения производительности труда и безопасности. Сегодня в горной добыче 52 процента предприятий имеют третий класс опасности, почти 40 процентов – у предприятий со вторым и первым классом. Это сверхкатегорийные и высокоопасные объекты, где должны функционировать цифровые системы предупреждения о негативных процессах и оперативного реагирования на нештатные ситуации.

Академик Захаров привел и другие данные. Так, в России сегодня открытым способом обрабатывают 63 процента месторождений, подземным – 37 процентов. Экономические открытые работы более выгодны, но их возможности так обрабатывать месторождения становится все меньше: наиболее богатые

и при этом неглубоко залегающие полезные ископаемые активно обрабатываются. Скорее всего, в ближайшие десятилетия этот тренд будет меняться на обработку другими технологиями подземного типа – сважинными и комбинированными. В максимально глубокой подземке – более 2,5 километров, температура на некоторых участках достигает до 52 градусов, что заставляет решать сложные проблемы с кондиционированием. С другой стороны, содержание полезного компонента на месторождениях постоянно уменьшается. Это тоже вызывает трудности и увеличивает затраты на добычу. Поэтому и требуются новые технологические процессы, новые системы контроля.

Высокие технологии в горном деле не обходят стороной и экологические вопросы. Добыча полезных ископаемых дает сегодня громадное количество пустой породы, которую нужно складировать. Это серьезно влияет на экологию, на социальные факторы и на среду обитания человека. Задача эксплуатации горнодобывающих предприятий рассматривается не только с точки зрения эффективности добычи, но и их последующего влияния на окружающую среду. Заранее пройти такие этапы и оценить их последствия поможет цифровизация.

С чем же еще помогут справиться новые технологические системы в горном деле? Осуществить переход от стратегии совершенствования отдельных технологических процессов к стратегии интегрированного управления всеми горными работами в целом. Снизить издержки – эффективно контролировать процессы не только основного горного производства, но и вспомогательного – временных потерь или простаивания и поломок оборудования. Третье – повышение безопасности труда, недопущение различного рода негативных, катастрофических явлений. Четвертое – оперативное маневрирование объемом добычи и качеством продукции, управление горными работами в режиме реального времени, оптимизация производственных комплексов горно-шахтного и горно-транспортного оборудования.

Что же мы имеем в реальности? Громадное количество различных систем контроля, которые выдают по несколько десятков тысяч информационных потоков общим объемом примерно в 250 терабайтов в год. Но оперативно используется не более 7-10 процентов всей этой информации, а она необходима для оперативного анализа, интерпретации, прогноза и управления. Эту задачу необходимо максимально быстро решить, чтобы выйти на понимание возможного применения всех цифровых технологий и их эффективности. Довольно неплохо мы научились работать с современным основным горным оборудованием, с построением геопространственных моделей, эффективно используем информацию с аэрофотокосмосъемки. Необходимо на основе всех данных выстроить общую интеграционную платформу, объединяющую все горно-технологические процессы и режимы в плане безопасности, экономической и технологической эффективности, а также максимально полного вывода человека из опасных зон, – сказал в своем докладе Валерий Николаевич. Он привел примеры перехода от базовой автоматизации к цифровому производству, где беспилотное, автономное управление безлюдным рудником дало бы огромный экономический эффект.

Ведущие специалисты во всем мире сходятся в одном – мы приходим к тому уровню функционирования горнодобывающих комплексов, когда от самого нижнего до самого верхнего звена специалисты должны существенно поменять образ мышления и образ оценки функций горнодобывающего предприятия. Им придется постоянно анализировать информационные потоки, в режиме реального времени оценивать работу оборудования, оперативно и эффективно влиять на функционирование различных процессов. Важно понимать, что переход к такого рода технологиям требует подготовки – этим тоже придется заниматься, это наш завтрашний день.

О развитии ГГИС в современных реалиях российской горнодобывающей отрасли и о достижениях Горного института рассказал слушателям Олег Наговицын, доктор технических наук заместитель директора института. Он в целом дал представление о том, как горно-геологическая информационная система позволяет управлять главным активом любого горнодобывающего предприятия – запасами полезных ископаемых, решая специальные технологические задачи геологоразведки и эксплуатации месторождений. Структура ГГИС объединяет программные модули и базы данных, включая пространственные, а в ее функционал входят, в том числе, интерактивная 3D-графика, геологическое моделирование, решение маркшейдерских и геодезических задач, проектирование и планирование буровзрывных и горных работ, формирование графической документации.

“*Сегодня мы меняем систему, чтобы она стала универсальной. В планах – развивать параметрическое проектирование, интеграционные функции, информационную безопасность, генеративное проектирование нейронные сети. Мы давно умеем работать с функциональной геологией до блочных моделей, с маркшейдерией, как традиционной так и по новым методикам, и, конечно, станем и дальше развивать функционал по переходу на отечественное программное обеспечение, – говорит Олег Наговицын. – Если говорить масштабно о горной добыче, то все лучшее уже «съедено» – нам сегодня осталось либо то, что высоко, либо что глубоко. Но спрос на полезные ископаемые остался, причем минеральные ресурсы нужны в прогрессирующей степени. Новое горное оборудование облегчает работу, но цифровизация – общий тренд, и именно ГГИС влияет на то, будут ли осваиваться новые месторождения и с какими результатами для промышленности, человека и природы.*”

Олег Владимирович еще раз напомнил собравшимся о разработке специалистов Горного института КНЦ РАН: успешно применяем



Выступает Сергей Лукичев. Фото Н. Щур

программном продукте ГГИС «Mineframe», ознакомил с историей цифровой работы кольских ученых, с достижениями и планами, одним из важнейших на сегодня остается быстрый переход на отечественное ПО. Эту же тему широко осветил и Сергей Лукичев:

“ На протяжении последних 30 лет 90-95 процентов российского рынка занимали зарубежные операционные системы. Эти компании, активно развивались на российском рынке, имея хорошую финансовую подпитку, из-за распространенности по всему миру. А на российские продукты оставалось каких-то пять процентов рынка. При этом драйверами для развития цифровых технологий являются крупные компании, потому что у них достаточно специалистов, которые могут сформулировать образ цифровой трансформации, а предприятие имеет необходимые финансовые средства. Таких пред-

приятий в России несколько десятков, но только две из них до недавнего времени строили свои решения на российских технологиях, все остальные до сих пор были ориентированы на импортное ПО.

Отсутствие финансирования отечественных разработок привело к тому, что и российская наука вынуждена была в основном заниматься не развитием прорывных технологий, а адаптацией импортных решений для российского рынка. Это тоже отрицательно влияет на развитие научной стороны проблемы цифровой трансформации.

Какие в этой ситуации может быть решение? Если мы будем пытаться последовательно расширять и наращивать функционал, это будет позиция догоняющего. Но есть решение – создать на базе ГГИС «Mineframe» общую платформу, которая позволит интегрировать в нее разные цифровые инструменты. Таким образом, разра-



Регистрация на конференцию. Фото Н. Щур

ботчик имеет возможность создать свой инструмент, не тратя времени на разработку и поддержание системных функций. Общая база будет неким локомотивом, который цифровые решения сможет переносить на иные предприятия. А в целом такая цифровая платформа обеспечит возможность обмена с другими классами программных продуктов, доступ к моделям объектов и технологий для реализации решений и сторонних разработчиков, а также обеспечит возможность кросс-платформенности, решит проблему функционирования локальной вычислительной сети и контролируемого доступа к данным.

Что касается успеха в задаче импортозамещения и обеспечения технологической независимости российской горнодобывающей отрасли, то он будет зависеть не только от способности наших разработчиков быстро заменить уходящие с отечественного рынка импортные аналоги, но и от организационной, финансовой поддержки этого процесса со стороны горнодобывающих предприятий. Без финансирования российских разработок для их скорейшего внедрения, никакой технологической независимости добиться мы не сможем.

“ Горный институт Кольского научного центра всегда был на передовом крае разработки цифровых систем. Мы знаем, как адаптировать наши разработки для разных производственных условий. А как сделать успешной цифровизацию в условиях импортозамещения? Коллеги из Горного подскажут! – с такими словами обратился Олег Наговицин к участникам конференции.”

Они, в свою очередь, отметили актуальность всех затронутых тем и высокую заинтересованность в дискуссии у научной общестственности. Не раз со словами благодарности отмечалось и сотрудничество с КНЦ РАН самых разных научных подразделений страны.

Все вопросы, обсуждаемые на конференции 2023 года, позволили ее участникам наладить профессиональное взаимодействие, оценить уровень развития цифровых технологий в России, а впоследствии и объединиться для решения важной задачи цифровой трансформации в горнодобывающей промышленности. По итогам конференции будет выпущен проект решения, который аккумулирует все озвученные в докладах предложения.

Подготовила  
Наталья Чернова

”



Сергей Кривовичев постарался ответить на все вопросы Тараса Паникоровского. Фото Н. Щур

## МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ И СПЕЦИАЛИСТЫ ВСТРЕТИЛИСЬ С РУКОВОДИТЕЛЕМ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА<sup>1</sup>

Кольский научный центр – большая организация. В 11 его институтах работает почти 1300 сотрудников, пятую часть которых составляет молодежь, причем молодежь активная. Многими передовыми исследованиями, большинством проектов, победивших в федеральных и региональных конкурсах грантов, руководят научные сотрудники, которым не исполнилось 39 лет. Молодые ученые активно публикуются, занимаются просветительской деятельностью. Но, кроме успехов у них, естественно, есть и проблемы: жилищные, социальные, финансовые. Руководство КНЦ РАН регулярно получает просьбы о помощи в решении этих проблем.

Генеральный директор Кольского научного центра Сергей Кривовичев встречался с молодежью в мае 2021 года. Эта встреча помогла

обозначить и сформулировать самые острые вопросы, совместно их обсудить и предложить способы решения. 24 апреля 2023 года генеральный директор Кольского научного центра, академик Сергей Кривовичев встретился с молодыми сотрудниками снова, чтобы рассказать о том, что стало с поставленными ранее задачами и ответить на накопившиеся за два года новые вопросы.

“ Встреча была организована по инициативе Совета молодых ученых и специалистов КНЦ РАН. Для ее подготовки создали рабочую группу из числа членов Совета в составе научного сотрудника Горного института Марии Кульковой, старшего научного сотрудника Центра гуманитарных проблем Олеси Сулейма-

1. Впервые опубликовано [на сайте ФИЦ КНЦ РАН](#)



Представители Совета молодых ученых и специалистов собрали перед встречей вопросы коллег.  
Фото Н. Щур

*новой и младшего научного сотрудника Института экономических проблем Андрея Яковчука. Эта группа занималась сбором вопросов и обобщением поданных обращений, – рассказывает председатель Совета молодых ученых и специалистов КНЦ РАН Андрей Маслобоев.* ”

Вопросы разделили на семь основных групп: жилье, оплата труда, показатели результативности научной деятельности, оборудование и условия работы, публикации, конкурсы и научные мероприятия, а также новые направления обучения. На каждый вопрос Сергей Владимирович отвечал подробно и обстоятельно, иногда привлекая для уточнения коллег, ответственных за административную работу, финансы, научно-организационную работу. Много вопросов было задано из зала.

Как и два года назад, бурно обсуждали жилищные проблемы. Тогда проблему доступного жилья вынесли на муниципальный, а затем и региональный уровень. Ее решением начал заниматься губернатор Мурманской области Андрей Чибис, а городская администрация обещала пересмотреть условия социального найма для молодых специалистов. Впервые за много лет в Кольском научном центре молодые ученые получили два жилищных сертифи-

ката в рамках федеральной программы «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации». Эта программа доступна только научным сотрудникам, однако многие молодые исследователи работают на должностях инженеров, лаборантов, стажеров. Обеспечить им аренду квартир предполагали путем пересмотра критериев муниципальной программы социального найма, но пока эти критерии остались прежними.

“ *Безусловно, мы продолжим работу в этом направлении, – заверил коллег заместитель генерального директора Владимир Дядик.* ”

Собравшиеся в зале с удивлением узнали, что некоторые их проблемы успешно решены в других институтах.

“ *У каждого института есть возможность самостоятельно установить критерии распределения тридцати процентов средств, выделяемых на оплату результативности научной деятельности. – напомнил заместитель директора Геологического института по научной работе Сергей Мудрук. – При определении «веса» научной работы мы учитываем не только*

квартиль журнала, в котором она опубликована, но и его импакт-фактор. Это позволяет поощрить авторов самых значимых статей.

Некоторые вопросы – например, о помощи в организации спортивных состязаний, – тут же «взяли на карандаш». На вопрос о том, планируются ли в ближайшее время мероприятия по облагораживанию территории Академгородка и регулярном уходе за зелеными насаждениями, охотно ответил заместитель генерального директора по научной работе Евгений Боровичев.

“ Не просто планируются, – заметил он. – Такая работа ведется. Мы с коллегами постепенно обновляем деревья и кустарники в парке, проводим санитарные вырубki, подхватили уход за клумбой в форме солнца и уже два года высаживаем на ней цветы. В прошлом году состоялись субботники по благоустройству территории Академгородка. Людей тогда собралось немного, но надеюсь, что этим летом наши субботники будут более массовые!

”

А вот просьбу организовать для ученых бесплатный перевод их статей на английский язык отвергли.

“ Ученый должен владеть языком международного общения, – подчеркнул Сергей Кривовичев. – Без этого он не сможет ориентироваться в современных публикациях и полноценно общаться с коллегами из других стран.

”

Много улыбок вызвал в зале вопрос, не планирует ли руководство помогать в изучении китайского языка.

“ К сожалению, таких специалистов у нас нет. – ответил Сергей Владимирович, – Но можно организовать для со-



Евгений Козлов считает, что некоторые проблемы стоит не «вешать на руководство», а решать самостоятельно. Фото Н. Щур

трудников курсы английского на базе кафедры иностранных языков. Если желающих будет много, стоит этим заняться.

”

Беседа продлилась два часа. Ни один вопрос не остался без ответа, а молодые ученые поняли: их проблемы не уникальны, и решение у этих проблем существует, и порой его можно найти, просто посоветовавшись с коллегами.

Подготовила  
Надежда Щур



Фото В. Данилиной

## НАГРАДИЛИ ВЫДАЮЩИХСЯ СОТРУДНИКОВ<sup>1</sup>

2023 год объявлен в России годом педагога и наставника. За годы работы Кольского научного центра его сотрудники подготовили множество высококвалифицированных специалистов, запустили научную карьеру многих блестящих ученых. 30 мая на заседании Президиума генеральный директор Кольского научного центра, академик Сергей Кривовичев вручил коллегам ведомственные и муниципальные награды за наставнический труд и вклад в развитие и популяризацию науки.

Главный научный сотрудник Центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике Наталья Белишева удостоилась звания Почетного работника науки и высоких технологий Российской Федерации за многолетний добросовестный труд, большой личный

вклад в развитие отечественной науки в области фундаментальных и прикладных медико-биологических исследований Арктической зоны Российской Федерации и архипелага Шпицберген и подготовку кадров высшей квалификации.

Главный научный сотрудник Горного института Сергей Козырев был награжден Почетной грамотой Минобрнауки за заслуги в сфере научной деятельности, направленной на развитие горной промышленности России и значительный личный вклад в дело подготовки кадров высшей квалификации.

Нагрудный знак «Почетный наставник» получили главный научный сотрудник Полярно-альпийского ботанического сада-института Надежда Константинова, главный научный сотрудник Горного института Олег Наговицын,

1. Впервые опубликовано [на сайте ФИЦ КНЦ РАН](#)



Фото В. Данилиной

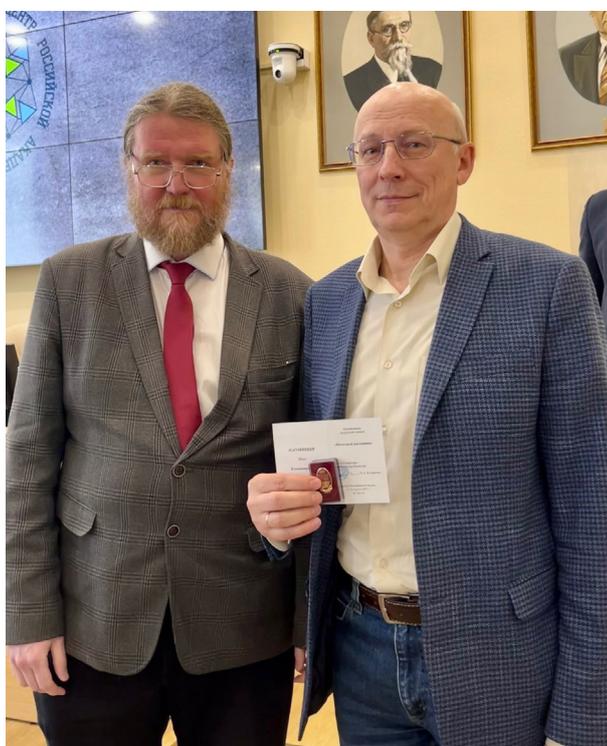


Фото В. Данилиной

ведущий научный сотрудник Геологического института Татьяна Рундквист и главный научный сотрудник Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья Николай Сидоров.

Сергей Владимирович с радостью вручил нагрудные знаки Ветерана Министерства науки и высшего образования РФ ведущему научному сотруднику Центра физико-технических проблем энергетики Севера Николаю Кузнецову, главному бухгалтеру Центра гуманитарных проблем Баренц-региона Виктории Стариковой и ведущему научному сотруднику Центра гуманитарных проблем Баренц-региона Ольге Шабалиной.

Начальник отдела внешних связей Надежда Щур получила Благодарность от главы города Апатиты за работу в сфере популяризации науки и просвещения.

Поздравляем коллег с заслуженными наградами!

*Подготовила Вероника Данилина*

## МОЛОДЫЕ ДОКТОРА НАУК



Марина Казанина



Сергей Аксенов

Научная карьера, в отличие от, например, спортивной, не предъявляет жестких требований к возрасту. Многие ученые даже в преклонные годы продолжают активную научную деятельность, добиваются больших успехов. Но у научного долголетия существует и другая сторона – старение науки. По данным портала PhD.ru, средний возраст кандидата наук в нашей стране в 2023 году составляет 51 год, а доктора наук – 64 года. Это вызывает естественную тревогу.

Молодежь в России считаются люди в возрасте 35 лет и моложе, и добиться степени доктора наук в этом возрасте – очень большое достижение. Тем приятнее новости о защите докторской диссертации сотрудником Кольского научного центра.

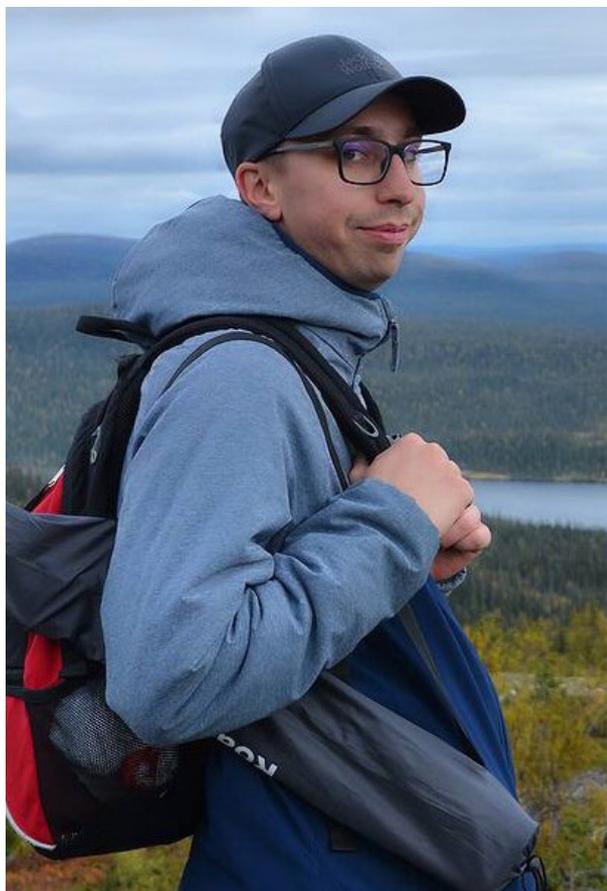
18 мая диссертацию на соискание ученой степени доктора химических наук защитил заведующий Лабораторией арктической ми-

нералогии и материаловедения Сергей Аксенов. Защита состоялась в виде научного доклада в Институте неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН. Тема работы Сергея Михайловича – «Модулярность и топология минералов и неорганических соединений со смешанными анионами».

19 июня диссертацию на соискание ученой степени доктора экономических наук «Стратегическое управление человеческими ресурсами при реализации программ Арктической зоны РФ» защитила Марина Казанина. Марина Алексеевна – младший научный сотрудник Института экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН, а защита состоялась в диссертационном совете при МГИМО.

Поздравляем молодых докторов наук с большим успехом. Желаем новых открытий, долгих лет исследований и экспериментов!

## КАНДИДАТЫ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК РАБОТАЮТ В ИНСТИТУТЕ ХИМИИ



Максим Смирнов



Александра Кадетова

8 июня в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова выпускники аспирантуры Кольского научного центра Александра Кадетова и Максим Смирнов успешно защитили диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «Физика конденсированного состояния». Оба кандидата трудятся в Институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева. Здесь же трудятся и их научные руководители.

Тема работы Александры Кадетовой, подготовленной под руководством доктора техниче-

ских наук Михаила Палатникова, – «Дефекты структуры и нелинейно-оптические свойства легированных кристаллов ниобата лития». Научный руководитель работы Максима Смирнова «Структурные дефекты и рекомбинационные процессы в монокристаллических и керамических твердых растворах  $\text{LiNbO}_3:\text{Me}$  (Me – Nb, Zn, Mg) и  $\text{ABO}_4$  (A – Gd, Y)» – доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный химик Российской Федерации Николай Сидоров.

Поздравляем коллег с заслуженным успехом и желаем им и дальнейшего профессионального роста!

## ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНГРЕСС РОССИЙСКОЙ БИБЛИОТЕЧНОЙ АССОЦИАЦИИ ПРОШЕЛ В МУРМАНСКЕ

На протяжении целой недели с 10 по 17 июня в столице Заполярья, городе-герое Мурманске проходило значимое в библиотечной сфере событие года: XXVII Конференция Российской библиотечной ассоциации, на которую съехались более 900 специалистов и их партнеров из 64 субъектов Российской Федерации для обмена опытом и вдохновения новыми идеями.

Звучащая как основополагающий вектор развития России основная тема конференции «Библиотека – культурный код России» была выбрана не случайно. Она направлена на обсуждение и решение общенациональных задач, связанных с развитием экономики и культуры России и укреплением научного и образовательного потенциала страны в современных реалиях.

В своем приветствии директор Российской государственной библиотеки Вадим Дуда обрисовал направление развития библиотек:

“ Библиотека – это информационный центр. Информационное общество меняется радикально. Нам нужно понимать, что нас ждет в будущем, и вернуть дух исследований в нашу работу. Научная работа должна быть крайне важной в нашей каждодневной деятельности. Мы должны проводить исследования в области цифровой трансформации, искусственного интеллекта, но очень прикладные. ”

Насыщенная программа конгресса включала обучающие семинары и разнообразные дискуссии на самые актуальные теоретические и практические вопросы библиотечной и смежных сфер.

Стержневыми темами, которым были посвящены доклады на заседаниях, стали работа библиотек в условиях глобального вызова, библиотеки как носители культурного кода



Делегация КНЦ РАН на конгрессе.  
Фото из архива Инны Голубевой

России, продвижение и изучение чтения, библиотечные технологии, библиография, формирование и сохранность фондов.

Делегатам предложили многогранную экскурсионную программу по Мурманску и знакомство с его библиотеками. В Мурманской областной научной библиотеке состоялась выставка издательской продукции, современных информационных технологий, товаров и услуг, проведение мастер-классов и презентации книг местных авторов. Также на книжной ярмарке участников конгресса ждала встреча со специальными гостями конгресса – писателями Татьяной Толстой, Алексеем Варламовым, Верой Богдановой, Арсением Гончуковым и лингвистом Ольгой Северской.

Всероссийский библиотечный конгресс 2023 года, несмотря на северный климат библиотечной столицы России этого года, прошел в теплой атмосфере. Участники набрались опыта, эмоций и вдохновения. А эстафету проведения конгресса Мурманск передал Казани.

Подготовила Инна Голубева

# РУКОВОДИТЕЛИ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА ВОШЛИ В СОСТАВ МЕЖВЕДОМСТВЕННОГО НАУЧНОГО СОВЕТА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Российская академия наук – это наиболее авторитетная экспертная организация страны. Более пяти тысяч экспертов дают оценку ситуации и консультируют органы власти по самым актуальным проблемам. Для содействия развитию отечественной перспективной минерально-сырьевой базы, обеспечения научных основ геологоразведочных работ, добычи и переработки полезных ископаемых, а также ускоренного импортозамещения при РАН был создан Межведомственный научный совет по развитию минерально-сырьевой базы и ее рационального использования.

Совет, деятельностью которого руководит президиум РАН, будет осуществлять свою работу в тесном взаимодействии с отделениями по областям и направлениям науки, а также региональными отделениями РАН, и в информационном сотрудничестве с органами государственной власти, научными организациями и вузами России независимо от того, к какому ведомству они относятся. Сфера его интересов – реализация федеральной научно-технической программы по геологоразведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых и ускоренное замещение импортных технологий и оборудования российскими аналогами. Для этого будут определены и увязаны с прогнозом технологического развития России приоритеты развития минерально-сырьевой базы, подготовлены предложения по формированию и реализации государственной научно-технической политики в этой области и сформирован широкий спектр прикладных и фундаментальных научных исследований.

Возглавил Совет знаменитый российский химик, академик, вице-президент РАН Сергей Алдошин. В состав вошли члены Академии наук, ведущие специалисты в области химии и мине-



Иван Тананаев и Сергей Кривовичев.  
Фото Н. Щур

ралогии, геологии и металлургии, представители профильных министерств и стратегически важных для развития минерально-сырьевой базы промышленных организаций. В их числе – генеральный директор Кольского научного центра, академик РАН Сергей Кривовичев и заместитель генерального директора по научной работе, член-корреспондент РАН Иван Тананаев.

Целью Кольского научного центра с самых первых дней его существования было максимальное раскрытие потенциала минерально-сырьевой базы и сохранение природных богатств Мурманской. Все эти годы он тесно сотрудничает со всеми горнодобывающими и перерабатывающими предприятиями региона. Работа ученых КНЦ РАН в совете позволит оперативно обсуждать проблемы минерально-сырьевой базы и ее рационального использования.

Желаем успехов Сергею Владимировичу и Ивану Гундаровичу!

*Подготовила Надежда Щур*

1. Впервые опубликовано [на сайте ФИЦ КНЦ РАН](#)



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Семинар  
Международного отдела

**ЭКОНОМИЧЕСКОЕ  
РАЗВИТИЕ  
МИРОВОЙ  
АРКТИКИ:  
ИСТОРИЧЕСКИЕ  
ТЕНДЕНЦИИ И  
СОВРЕМЕННЫЕ  
ВЫЗОВЫ**

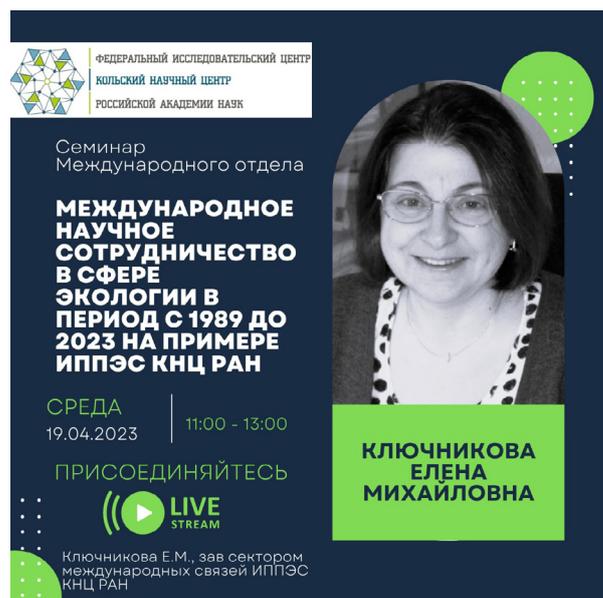
ПЯТНИЦА  
12.05.2023 | 10:00 - 12:00

ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ

**КРИВОРотов  
АНДРЕЙ  
КОНСТАНТИНОВИЧ**

**LIVE  
STREAM**

Криворотов А.К., доцент  
Одинцовского филиала МГИМО  
МИД России, к.э.н.



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Семинар  
Международного отдела

**МЕЖДУНАРОДНОЕ  
НАУЧНОЕ  
СОТРУДНИЧЕСТВО  
В СФЕРЕ  
ЭКОЛОГИИ В  
ПЕРИОД С 1989 ДО  
2023 НА ПРИМЕРЕ  
ИППЭС КНЦ РАН**

СРЕДА  
19.04.2023 | 11:00 - 13:00

ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ

**КЛЮЧНИКОВА  
ЕЛЕНА  
МИХАЙЛОВНА**

**LIVE  
STREAM**

Ключникова Е.М., зав сектором  
международных связей ИППЭС  
КНЦ РАН

## СЕМИНАР О НОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ОРГАНИЗОВАЛ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОТДЕЛ КНЦ РАН

Весной этого года глава Международного отдела Кольского научного центра во главе с Юлией Заикой выступил организатором цикла семинаров по международному сотрудничеству для сотрудников КНЦ РАН.

Кольский научный центр традиционно признают центром научной дипломатии на Северо-Западе. Он участвует в большом количестве международных научных проектов, включая проекты приграничного сотрудничества с государствами Арктики и другими соседями. В новых условиях семинары международного отдела помогают сотрудникам КНЦ РАН совместно с приглашенными спикерами – опытными исследователями, профессионалами и организаторами международного научного сотрудничества – в рамках диалога выработать новые модели и возможности международных научных контактов в изменившемся мире.

Для ученых чрезвычайно важно поддерживать международные связи. Наука, находясь на позиции объективного знания, пополняет общий багаж информации, доступной человечеству на самой границе непознанного, и толь-

ко взаимодействие исследователей всего мира является условием эффективности этой деятельности.

Серией семинаров международного отдела открыла встреча с кандидатом географических наук, старшим научным сотрудником лаборатории геополитических исследований Института географии РАН Александром Себенцовым, который рассказал о теории и практике трансграничного партнерства и о тех проектах в которых он сам принимал участие, а также обозначил свое видение будущих механизмов и направлений приграничного сотрудничества.

Второй семинар посвятили истории международного экологического научного сотрудничества в Кольском научном центре с конца 1980-х и до нынешнего времени. Спикером выступила кандидат экономических наук, заведующая сектором международных связей, старший научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Елена Ключникова, которая имеет огромный опыт участия и руководства такими проектами. Участники семинара отмети-

ли, что экологические приграничные проекты с рядом государств особенно страдают от неконструктивных разрывов научного взаимодействия, так как многие многолетние наблюдения привязаны к конкретной местности. В экологических проектах именно устойчивые многолетние проекты дают наиболее точные и интересные результаты, и для них важна стабильность международных контактов.

Гостем следующего, посвященного вопросам международного экономического сотрудничества в Арктике семинара, стал кандидат экономических наук, доцент Одинцовского филиала МГИМО МИД России Андрей Криворотов. Доклад Андрея Константиновича вызвал бурную дискуссию о том, какие перспективы существуют по международному научному сотрудничеству в Арктике. Как отметили слушатели, многие связи с традиционными партнерами были порваны, но интерес к Арктике стран, которые не имеют арктических территорий, позволяет рассчитывать на проекты с новыми участниками.

Опыт международного сотрудничества Института экономических проблем им. Г. П. Лузина обобщила на четвертом семинаре заместитель директора института по научной работе, кандидат экономических наук Лариса Рябова.

Лариса Александровна поставила острые вопросы о механизмах, которые позволят наладить взаимодействие в рамках разворота на Восток, и развернувшееся вслед за докладом обсуждение показало, насколько эти проблемы важны сотрудникам Кольского научного центра.

Весенний сезон завершился чрезвычайно актуальной встречей о перспективах сотрудничества стран БРИКС в Арктике, ставшей логичным продолжением предыдущей дискуссии. Подробный доклад по этому вопросу сделала Мария Лагутина, доктор политических наук, профессор кафедры мировой политики Санкт-Петербургского государственного университета.

Познакомиться с докладами семинаров можно на YouTube-канале Кольского научного центра **в специально созданном плейлисте**. Присоединиться к семинарам могут все сотрудники КНЦ РАН, заинтересованные в теме международного научного сотрудничества. Следите за анонсами новых онлайн-встреч на официальных ресурсах центра.

*Подготовил  
Константин Данилин*

## МОЛОДЫЕ ИННОВАТОРЫ ИНСТИТУТА ХИМИИ

Мурманский региональный бизнес-инкубатор объявил о результатах конкурса «Заполярный УМНИК-2022» Фонда содействия инновациям и регионального конкурса на получение инновационного ваучера. По 500 тысяч рублей получили победители обоих конкурсов, инженеры-исследователи Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева.

Обладателем гранта и титула «Заполярный УМНИК-2022» стал аспирант КНЦ РАН Владимир Виноградов с проектом «Разработка механо-

химического способа получения твердых растворов на основе циркона с использованием минерального сырья Кольского полуострова и перспектива их применения для иммобилизации радиоактивных отходов». Суть проекта – получение из техногенного и минерального сырья Мурманской области твердых растворов со структурой циркона для оценки возможности их использования в качестве матриц для иммобилизации радиоактивных отходов.

Инновационный ваучер – это средства, которые можно потратить на образователь-



Максим Окунев

ные, консалтинговые и маркетинговые услуги, прототипирование и макетирование, лабораторные испытания и продвижение проекта. Один из двух победителей 2023 года – Максим Окуне в с проектом получения тонких сверхпроводящих покрытий ниобия для навигационной техники. Эта технология важна при производстве перспективных и обладающих высокой точностью криогироскопов. В выполнении этой работы молодому исследователю помогают его коллеги по



Владимир Виноградов

лаборатории высокотемпературной химии и электрохимии ИХТРЭМС КНЦ РАН: старшие научные сотрудники Антон Дубровский и Ольга Макарова и руководитель лаборатории Сергей Кузнецов.

Поздравляем Владимира Юрьевича и Максима Александровича и желаем их проектам успешного воплощения в жизнь!

*Подготовила  
Надежда Щур*

### К ЮБИЛЕЮ ИРИНЫ МИХАЙЛОВНЫ КОРОЛЕВОЙ

1 мая отпраздновала юбилей научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера, кандидат биологических наук Ирина Михайловна Королева. В институте она работает более тридцати лет, занимаясь популяционной ихтиологией и экологической физиологией рыб пресноводных экосистем Мурманской области. Результаты этой работы широко применяются при мониторинге состояния окружающей среды и оценке влияния загрязнения на живые организмы.

Ирина Михайловна – автор более ста научных работ и учебного пособия «Биосфера» для студентов-экологов, соавтор девяти коллективных монографий, 19 статей в высокорейтинговых журналах. Она неоднократно представляла результаты своих исследований на международных и всероссийских научных конференциях, симпозиумах и совещаниях, проводила ихтиологические исследования для российских и международных проектов на территории Кольского полуострова и стран Скандинавии.

Увлеченно работает над наполнением базы полнотекстовых электронных версий научных материалов по тематике работы лаборатории водных экосистем, вместе с коллегами консультирует межмуниципальные отделы МВД РФ по вопросам, связанным с незаконным рыболовством. Более четверти века представляет интересы института в Федеральном агентстве по рыболовству и его филиале – Североморском территориальном управлении Росрыболовства.

На протяжении многих лет Ирина Королева была доцентом экологического факультета Кольского филиала Петрозаводского государственного университета, блестяще преподавала в Апатитском филиале Мурманского государственного технического университета. Подготовила к успешной защите квалификационных работ более 20 студентов и активно участвовала в работе жюри многих научных и на-



учно-практических конференциях студентов и школьников.

За научные достижения, неустанный труд и педагогические успехи Ирину Королеву неоднократно награждали почетными грамотами и благодарственными письмами института, Кольского научного центра, Российской академии наук и профсоюза работников РАН, а также удостоили медали «100 лет Профсоюзам России».

Коллектив института от всего сердца поздравляет Ирину Михайловну с юбилеем и желает ей здоровья, успехов, новых творческих идей, неисчерпаемого оптимизма, реализации всех намеченных планов, вдохновения, поддержки верных друзей и самых широких перспектив для дальнейшей плодотворной работы на благо российской науки!

## К ЮБИЛЕЮ НИКОЛАЯ МИХАЙЛОВИЧА КУДРЯШОВА

22 мая отметил 60-летний юбилей ведущий научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН, кандидат геолого-минералогических наук Николай Михайлович Кудряшов.

Выпускник Ленинградского государственного университета, Николай Михайлович работает в институте с 1990 года. Более половины своей жизни он посвятил изотопно-геохимическим и геохронологическим исследованиям северо-восточной части Фенноскандинавского щита. Прежде всего это геологические объекты таких структур, как зеленокаменный пояс Колмозеро-Воронья, Мурманский террейн, северо-западное Беломорье. Много его исследований посвящено, в том числе, изучению геодинамической эволюции Центрально-Азиатского складчатого пояса.

За большой вклад в определение возраста реперных геологических объектов Кольского докембрия Николай Кудряшов был дважды награжден Почетной грамотой Российской академии наук. Внес большой вклад в создание и успешную работу Кольского центра геохронологических и изотопно-геохимических исследований, где проводятся работы по определению изотопных данных для геологических объектов Карело-Кольского региона, Сибири,



Дальнего Востока, Урала других регионов России и мира. Много лет возглавляет Профбюро Геологического института.

Поздравляем Николая Михайловича и желаем ему интересных полей, покорения новых горизонтов, удивительных открытий на творческом пути, крепкого здоровья и бодрости духа!

## К ЮБИЛЕЮ ВЛАДИМИРА ВЛАДИМИРОВИЧА МЕГОРСКОГО

29 мая исполнилось 55 лет Владимиру Владимировичу Мегорскому, заместителю директора Центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике по научно-исследовательской работе.

Владимир Владимирович родился в Ереване, а высшее образование получал в Архангельске. В 1993 году он окончил Архангельский государственный ордена Трудового Красного Знамени медицинский институт по специаль-

ности «Педиатрия», в следующем году получил первичную специализацию «Анестезиология – реаниматология».

15 лет Владимир Владимирович отработал в Апатитской центральной городской больнице врачом-анестезиологом-реаниматологом. С 1997 по 1999 годы работал по той же специальности в Больнице КНЦ РАН.

В 2005 году успешно защитил на базе НИИ СМП им. Склифосовского и ГУ НИИ экологии

человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина РАМН диссертацию на соискание степени кандидата медицинских наук по промышленной токсикологии и гигиене. Специализировался по токсикологии на базе Института скорой медицинской помощи им. Склифосовского г. Москва, и ВМА им. С.М. Кирова.

С 2016 по 2021 год руководил Научно-исследовательским центром медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике Кольского научного центра РАН. В октябре 2021 года был назначен директором филиала Северо-Западного научного центра гигиены и общественного здоровья, но не прекратил работу в НИЦ МБП КНЦ РАН. Теперь он занимает должность заместителя директора по НИР. Кроме сложной организаторской работы Владимир Мегорский занимается и педагогикой: преподает курс «Неотложная терапия» в Кольском медицинском колледже. Имеет более 30 научных публикаций в рецензируемых российских и зарубежных изданиях.

Его высокий профессионализм, глубокие знания и незаурядный талант ученого и руководителя отмечены множеством наград местного и регионального уровня.



Дорогой Владимир Владимирович! В этот знаменательный день поздравляем вас с красивой датой и желаем крепкого здоровья, неиссякаемого интереса к жизни, развития и процветания!

## К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА КОЗЫРЕВА

26 июня исполнилось 75 лет главному научному сотруднику Горного института, доктору технических наук Сергею Александровичу Козыреву.

Свою трудовую деятельность Сергей Александрович начал по окончании Ленинградского горного института в качестве горного мастера на шахтах производственного объединения «Гуковуголь». За 47 лет в Горном институте он прошел путь от инженера до заведующего лабораторией. В 1984 году защитил кандидатскую диссертацию, в 1996 году – докторскую.

Сергей Козырев – известный ученый в об-

ласти горных наук и разработки полезных ископаемых, автор более 200 научных работ, в том числе трех монографий. Главные направления его научной и научно-организационной деятельности – это исследования техногенной сейсмичности, характеристик промышленных взрывчатых веществ и управление дробящим и сейсмическим действием взрыва в сложных горно-геологических условиях. В прикладной сфере это разработка новых технологий ведения взрывных работ, внедрение новых типов взрывчатых веществ, сейсмобезопасное производство массовых взрывов и прогноз состояния атмосферы рудников и карьеров.

Сергей Александрович стал инициатором и организатором исследований по разработке компьютерных технологий расчета и проектирования массовых взрывов любой сложности в горных работах, проектирования вентиляции и организации проветривания рудников, программного комплекса для оперативного контроля и прогноза состояния атмосферы карьеров и управления горными работами при различных метеоситуациях. Эти нововведения позволили значительно повысить эффективность и безопасность горных работ на рудниках и карьерах Кольского полуострова.

В течение многих лет он возглавляет государственные экзаменационные комиссии в Апатитском филиале Мурманского технического университета и Мурманском арктическом государственном университете (ранее КФ ПетрГУ), является научным руководителем аспирантов и соискателей. Под его руководством защищено пять кандидатских диссертаций.

Самоотверженный научный труд и организационные способности Сергея Козырева были отмечены отраслевыми знаками «Шахтерская слава» II и III степени и «Горняцкая слава» трех степеней, Памятной медалью «70 лет Дня шахтера», Почетными грамотами Российской академии наук, Министерства образования и науки РФ, губернатора Мурманской области.



Серьезный, ответственный подход к работе, выдающийся интеллект, уважительное отношение как к единомышленникам, так и к оппонентам, вызывают неизменные любовь и уважение его коллег.

Дорогой Сергей Александрович! В этот знаменательный день примите наши поздравления и пожелания долгих лет жизни, крепкого здоровья, научного долголетия и успехов во всех начинаниях!

## К ЮБИЛЕЮ СЕРГЕЯ ИВАНОВИЧА ЮДИНА

29 июня отметил 75-летие старший научный сотрудник Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина Сергей Иванович Юдин.

Сергей Иванович в 1977 году окончил Киевский государственный педагогический институт им. Горького по специальности «география и биология», в 1998 году защитил кандидатскую диссертацию и до 2004 года был



научным сотрудником Национального ботанического сада НАН Украины. В Полярно-альпийском ботаническом саду-институте работает уже 19 лет, занимаясь интродукцией и акклиматизацией растений, курирует ботанико-географический участок «Алтай». Стаж его научной работы – более 40 лет, и за эти годы он стал автором более 50 научных работ.

В последнее время работает над созданием искусственных насаждений ботанико-географического участка «Алтай» для моделирования в условиях Сада природных фитоценозов

основных типов лесов Горного Алтая: светлохвойной, темнохвойной и черневой тайги. Это позволит демонстрировать не только отдельные элементы флоры, но и растительные сообщества природных зон.

Коллеги любят и уважают Сергея Юдина за профессионализм и неиссякаемый интерес к науке, дружелюбие и ответственность.

Дорогой Сергей Иванович! Поздравляем вас с юбилеем, желаем долгих лет жизни, крепкого здоровья, успехов во всем! Оставайтесь все таким же энергичным и по-настоящему увлеченным своим делом!

## К ЮБИЛЕЮ ЯКОВА АЛЕКСЕЕВИЧА ПАХОМОВСКОГО



26 июля года отметил 75 лет со дня рождения и 51 год научной деятельности выдающийся ученый, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физических методов исследований пород, руд и минералов Геологического института Яков Алексеевич Пахомовский.

Яков Пахомовский – активный творческий исследователь минералов Кольского региона. При его участии открыто более 80 ранее неизвестных минералов, опубликовано более

350 научных работ, в том числе в высокорейтинговых международных журналах. Благодаря личному примеру, знаниям и опыту Якова Алексеевича, его блестящему умению работать с коллективом сохранились приборная база руководимой им лаборатории и основные направления ее деятельности.

Желаем Якову Алексеевичу счастья и благополучия, крепкого здоровья и плодотворной деятельности, творческих успехов и новых открытий!

## КО ДНЮ РОЖДЕНИЯ ИРИНЫ АЛЕКСЕЕВНЫ РАЗУМОВОЙ



11 августа отметила день рождения доктор исторических наук, главный научный сотрудник Центра гуманитарных проблем Баренц-региона КНЦ РАН, инициатор социально-антропологических исследований в Мурманской области, крупнейший специалист в изучении семейной культуры, историко-культурной памяти родственных сообществ, устных традиций, социальных практик этнических и локальных групп Европейского Севера России Ирина Алексеевна Разумова.

Научная работа – круговорот преподавания и обучения. Ирина Алексеевна – прекрасный учитель и наставник. Ее усилиями в научном сообществе Кольского научного центра возвращены и укоренены пять кандидатов

исторических наук, продолжающих академические традиции в областях антропологии, этнографии, истории культуры.

День рождения исследователя – это всегда дополнительный повод поблагодарить именинника за вклад в развитие научного направления, за свершившиеся достижения в мире науки и, конечно, за неутолимое желание все время идти вперед, что-то подтверждая, что-то опровергая, предлагая новые решения.

Дорогая Ирина Алексеевна, сердечно поздравляем вас со знаменательным днем рождения и двадцатилетием работы в Кольском научном центре! Желаем вам творческих успехов и новых открытий!

## К ЮБИЛЕЮ ЕЛЕНА ИВАНОВНЫ МАКАРОВОЙ

16 августа отметила свой юбилей заведующая Научным архивом Кольского научного центра, кандидат исторических наук Елена Ивановна Макарова.

Елена Ивановна работает в Кольском научном центре Российской академии наук с 1985 года, столько же лет заведует Научным архивом КНЦ РАН. Имеет звание «Ветеран труда».

Елена Ивановна – высококвалифицированный специалист в области архивного дела, опытный и компетентный руководитель, терпеливый наставник для многих специалистов в области архивного дела и делопроизводства как в Кольском научном центре, так и в других организациях по всей России. Под ее руководством и при непосредственном участии Научный архив КНЦ РАН превратился в современное хранилище ценных источников информации по истории организации науки на Кольском Севере, о личностях и судьбах ведущих ученых центра.

Елена Макарова занимается научно-исследовательской работой по истории деятельности Академии наук СССР и Российской академии наук на Кольском Севере, способствуя вовлечению архивных документов КНЦ РАН в научный оборот. Она является автором и соавтором более 50 работ по истории организации науки и архивоведению и постоянно активно представляет Кольский научный центр РАН с докладами на российских и международных конференциях.

Благодаря Елене Ивановне налажено профессиональное взаимодействие и информационный обмен в области архивного дела с государственным архивом Мурманской области и архивами муниципальных образований Мурманской области, а также с Архивом



РАН и научными архивами федеральных исследовательских центров РАН.

Профессионализм Елены Ивановны неоднократно отмечен руководством КНЦ РАН, Российской академией наук, администрацией города Апатиты и Федеральным архивным агентством. Коллеги с большим уважением относятся к ее опыту и профессионализму, ценят за твердую позицию и защиту интересов коллектива Научного архива.

Уважаемая Елена Ивановна, от всей души поздравляем вас с юбилеем! Желаем долгих лет жизни, крепкого здоровья и исполнения всех ваших желаний!

## К ЮБИЛЕЮ ЛЮБОВИ ПАВЛОВНЫ КУДРЯВЦЕВОЙ

26 августа отметила день рождения кандидат географических наук, научный сотрудник Центра коллективного пользования Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН Любовь Павловна Кудрявцева – одна из самых опытных химиков-аналитиков Кольского научного центра РАН.

Любовь Павловна в 1975 году окончила химический факультет Ленинградского института текстильной и легкой промышленности. С 1978 года ее жизнь связана с экологическими исследованиями – до 1989 года она работала в Лаборатории охраны природы, а позже – в ИППЭС. В 1996 году защитила диссертацию «Влияние антропогенных нагрузок на изменение гидрохимических показателей поверхностных вод Кольского Севера».

Главный научный интерес Любовь Павловны – изучение закономерностей формирования качества вод в северных регионах, исследование механизмов миграции микроэлементов в водоемах и их аккумуляции в гидробионтах. Полученные ею результаты используются для оценки экологической ситуации как в Апатитах и Кировске, так и в Мурманской области в целом. Входит в состав международной экспертной группы по изучению состояния поверхностных вод приграничных территорий.

Дорогая Любовь Павловна, сердечно поздравляем вас с юбилейным днем рождения!



Желаем вам здоровья, успехов, новых творческих идей, неисчерпаемого оптимизма, реализации всех намеченных планов, вдохновения, поддержки верных друзей и самых широких перспектив для дальнейшей плодотворной работы на благо российской науки!

## К ЮБИЛЕЮ ИВАНА ГУНДАРОВИЧА ТАНАНАЕВА

31 августа отпраздновал юбилей директор Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья, заместитель генерального директора по научной работе, доктор химических наук, член-корреспондент РАН Иван Гундарович Тананаев.

Иван Гундарович родился в Москве. Окончил кафедру радиохимии химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Иван Тананаев – признанный специалист в области наноиндустрии, фундаментальной и прикладной радиохимии, радиоэкологии и ядерной медицины. Имеет большой опыт в реализации многих крупных проектов Министерства образования и науки РФ, в том числе и по Постановлению Правительства РФ, комплексных грантов РФ, РФФИ, ГК «Росатом». Является автором более 870 научных трудов,

в том числе 15 монографий и учебных пособий, 20 патентов.

Иван Гундарович подготовил 11 кандидатов наук, является председателем и членом ГАК на ФНМ МГУ и Университете МГУ – ППИ в Шэньчжэне (КНР). Инициатор и председатель Оргкомитета Российских молодежных Школ-конференций по радиохимии и ядерным технологиям с международным участием.

Состоит в Президиуме ВАК, является заместителем главного редактора и членом редколлегии журналов «Радиохимия», «Вопросы радиационной безопасности», «Химическая технология», ряда диссертационных советов; Ученого совета ДВФУ, ИФХЭ РАН, НТС ПО «Маяк», № 5 ГК «Росатом», бюро Межведомственного научного совета по радиохимии при Президиуме РАН и ГК «Росатом».

Признанием научных заслуг Ивана Тананаева, бесспорно, является присуждение ему Стипендии Президента РФ «Выдающиеся ученые», дипломов и грантов Благотворительного Фонда содействия отечественной науке, медали «50 лет Атомной энергетике СССР», Нагрудного знака отличия в труде «академик И. В. Курчатов IV степени», «За наставничество» и «Ветеран атомной энергетике и промышленности» (ГК «Росатом»), медали им. академика В.А.Легасова Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы. В 2019 году он вошел в со-



став коллектива, которому Президиум РАН присудил премию им. В. Г. Хлопина РАН. В 2023 году включен в открытую Золотую книгу памяти НИЯУ МИФИ за вклад в развитие университета.

Уважаемый Иван Гундарович, от всей души поздравляем вас с юбилеем! Желаем отменного здоровья и оптимистичного настроения, и пусть жизнь преподносит счастливые события и радостные моменты!

## К ЮБИЛЕЮ ЮРИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА КУЗЬМИЧА

17 сентября исполнилось 75 лет ведущему научному сотруднику Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева, кандидату наук Юрию Васильевичу Кузьмичу.

Юрий Кузьмич работает в институте с 1976 года – он пришел сюда сразу после окончания физико-химического факультета Ленинградского технологического института им. Ленсовета по специальности «Химия и технология редких, рассеянных и естественно-ра-

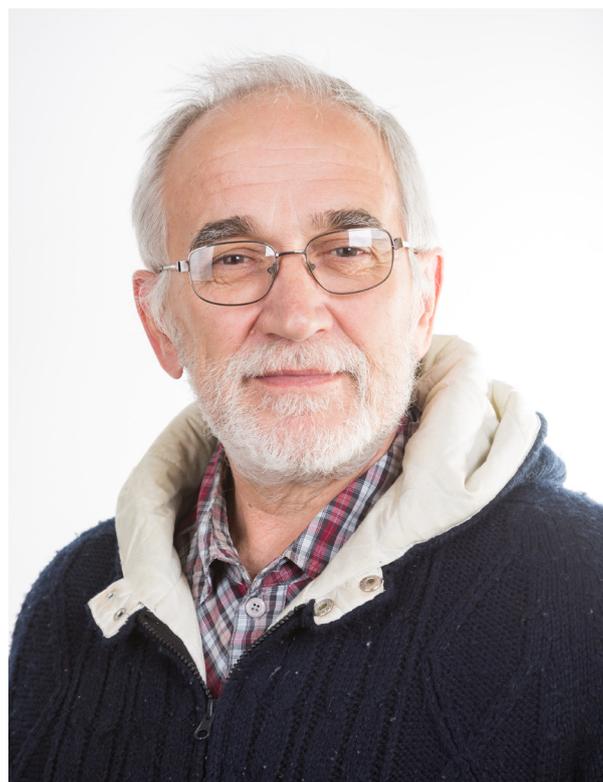
диоактивных элементов». В 1992 году он защитил кандидатскую диссертацию и в 1993 году был переведен на должность старшего научного сотрудника.

Круг научных интересов Юрия Васильевича весьма широк. Свою работу в институте он начал в лаборатории щелочных металлов и занимался получением рубидия и цезия, большой период научной деятельности посвятил исследованиям в области порошковой металлургии: принимал активное участие в организации ла-

боратории порошковой металлургии и в создании в ее рамках установки центробежного распыления расплавов, несколько лет возглавлял эту лабораторию. Сейчас его интересы связаны с исследованиями в области механического легирования и активации твердых прекурсоров, обеспечивающих твердофазные химические реакции с получением функциональных материалов.

В сотрудничестве со специалистами кафедры «Пластическая обработка металлов» Санкт-Петербургского Государственного политехнического университета Юрий Кузьмич проводит изучение свойств и соответственно областей использования создаваемых материалов, а также консультирует студентов кафедры по вопросам механического легирования. За годы работы он стал автором монографии, посвященной методам механического легирования, более сотни научных статей и 19 авторских свидетельств и патентов.

Коллеги знают Юрия Васильевича как специалиста с широкой эрудицией и оригинальным складом ума, способного не только предложить оригинальное техническое решение, но и осуществить его. Он отличается тонким экспериментальным чутьем, позволяющим выделить в сложном явлении главное и разобраться в механизме происходящих процессов, трудолюбием, широким научным



кругозором, высоким уровнем теоретической подготовки и большим набором навыков экспериментатора.

Дорогой Юрий Васильевич! От всего сердца поздравляем вас с юбилеем, желаем счастья и здоровья, долгих лет жизни и новых научных открытий!

## КО ДНЮ РОЖДЕНИЯ ВЕРЫ ДЕНИСОВНЫ КОНСТАНТИНОВОЙ

19 сентября отметила знаменательную дату ведущий инженер отдела патентной и изобретательской работы Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева Вера Денисовна Константинова.

В 1976 году Вера Константинова окончила Ленинградский институт точной механики и оптики по специальности «Оптические

приборы и спектроскопия», в 1981 году – Центральный институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов народного хозяйства в области патентной работы, получив квалификацию патентоведа. Ее трудовой стаж – 49 лет, из которых более сорока семи она посвятила плодотворной работе в Институте химии. Круг ее обязанностей очень широк: Вера Де-

нисовна ведет патентный поиск, оформляет заявки на изобретения и отчеты о патентных исследованиях, занимается экспертизой технических решений на предмет соответствия критериям изобретения и патентной чистоты, отвечает на решения ФИПС. Она оказывает правовые консультации по вопросам патентного законодательства, контролирует своевременность уплаты пошлин и выплаты авторского вознаграждения. В сферу ее деятельности входят также подготовка отчетной документации по изобретательской работе и учет изобретений в рамках Единой государственной информационной системы.

Вера Константинова, безусловно, является настоящим профессионалом. Высокая компетенция и доброжелательное отношение к коллегам, ответственность и добросовестность позволяют ей по-прежнему оставаться в «боевом строю» сотрудников института. В этот день все мы желаем Вере Денисовне крепкого здоровья, счастья, сохранения присущей ей энергии, новых достижений в работе!



## МУЗЕЙНАЯ ИСТОРИЯ, ЛЕТОПИСЬ КРАЯ И СТРАНИЦЫ БИОГРАФИЙ ЕГО ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ: ВСЕ ЭТО В НОВОЙ КНИГЕ!<sup>1</sup>

В издательстве КНЦ РАН вышла работа ведущего научного сотрудника ЦГП КНЦ РАН, кандидата исторических наук Ольги Шабалиной под названием «**Страницы истории этнографических исследований Кольского полуострова. Из фондов Музея-Архива истории изучения и освоения Европейского Севера Центра гуманитарных проблем Баренц-региона Кольского научного центра Российской Академии наук**». Издание знакомит с архивными документальными материалами исследователей, которые изучали Европейскую Арктику и Субарктику, в том числе, в ходе самостоятельных экспедиций, а также бытовую жизнь саамов Кольского полуострова в начале XX века. Это этнограф и художник Владимир Чарнолуцкий, создатели и активные члены Общества изучения Мурманского края (1925-1931 годов): статистик Василий Алымов, юрист и архивист Яков Комшилов. Рассмотрены в книге и биографические документы, и художественные зарисовки, и первичные материалы этнографических экспедиций. А во вступительной статье Ольга Вячеславовна дает экскурс в историю создания расположенного в Апатитах уникального музея, созданного пятьдесят лет назад на общественных началах членами Северо-западного отделения Российского географического общества и активно поддержанного творческой и научной интеллигенцией города, сотрудниками Кольского филиала Академии наук СССР.

Интересно, что еще Ферсман обращал внимание на необходимость одновременно с геологическими изысканиями изучать коренное население полуострова, однако до 1970-х годов первый стране региональный научный центр не посвящал этой задаче сил и времени. Идея о научном краеведении витала в воздухе,



и начали воплощать ее энтузиасты-географы, сотрудники КФАН и действительные члены Географического общества СССР, геологи Борис Кошечкин и Иона Фрейлин. После их участия в работе съезда ГО СССР в 1970 году было решено, что маленький заполярный город достоин музея, чья экспозиция будет посвящена истории научных исследований на Европейском севере. Идею поддержало и руководство научного центра, и коллеги, включая тех, кто трудился в филиалах Академии наук Карелии и Коми. А городские партийные руководители, особенно председатель горисполкома Апатитов Василий Бессмертный, помогли музею обрести свое место. В строящемся тогда

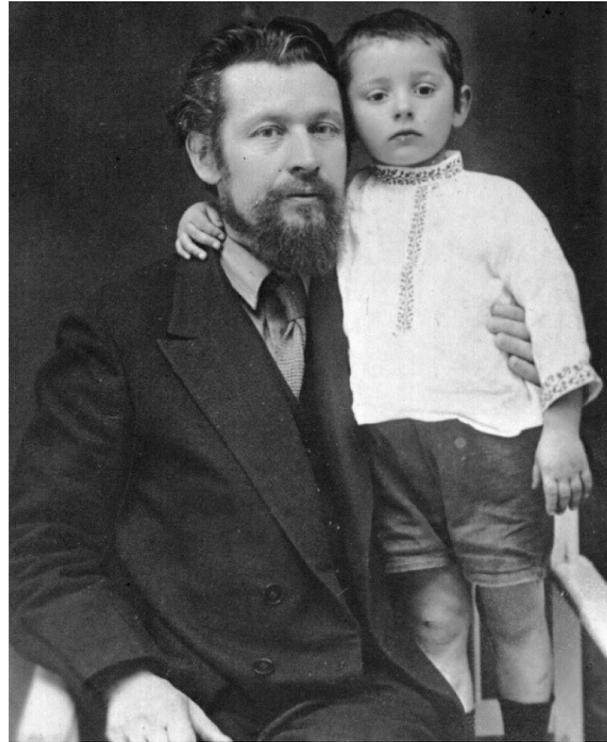
1. Впервые опубликовано [на сайте ФИЦ КНЦ РАН](#)



Яков Комшилов

доме на улице Гайдара для него было заранее запланировано помещение.

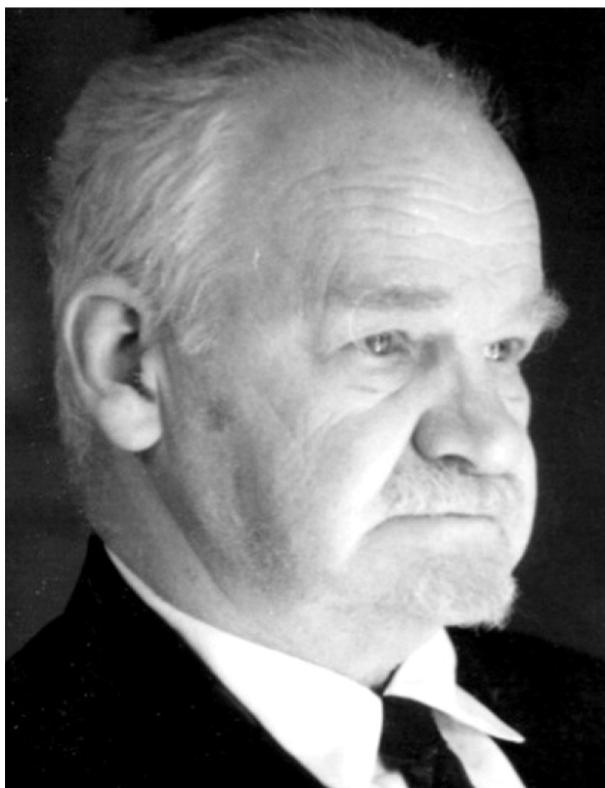
С 1973 года сотрудниками Северного филиала Географического общества СССР без специальной профессиональной подготовки в области музейного дела – геологом Борисом Ивановичем Кошечкиным и журналистом Евгенией Яковлевной Пация – создавшими Музей-Архив, шла активная собирательская деятельность по созданию музейной экспозиции. Инициативное комплектование проходило в двух направлениях: как во время собственных экспедиций членов ГО СССР на Кольском полуострове, так и с помощью обширной переписки с исследователями Севера и их семьями, которые откликались на просьбы заполярных энтузиастов и передавали для экспонирования документальные материалы, предметы экспедиционного обихода, научный инвентарий, книги, художественные работы, фотографии. Борис Иванович Кошечкин стремился усилить экспозицию картинками, рисунками, картами. Так, он планомерно разыскивал



Василий Алымов

рисунки Чарнолуского и Бенуа, договорился о передаче картин Пинегина в музей-архив. Выполнялись для него и заказные работы, например, саами из совхоза «Тулума» помогли оформить стенды, посвященные быту коренного народа.

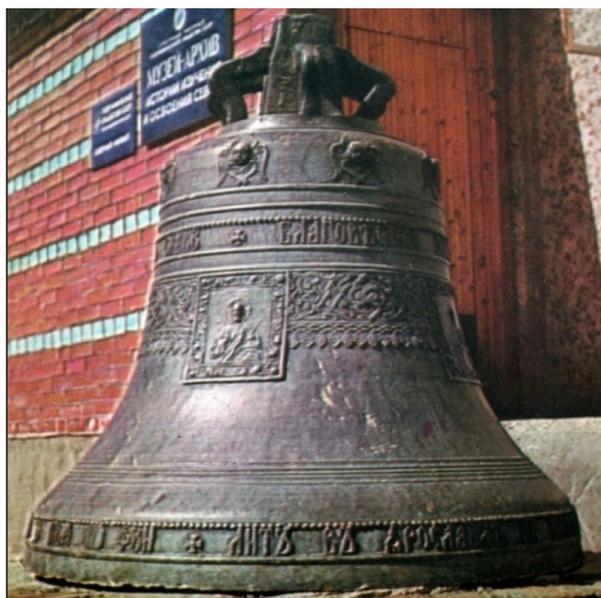
Жители Апатитов и Кировска не просто полюбили музей на улице Гайдара, но и всячески способствовали пополнению его коллекции. Работники комбината «Апатит» при рытье шурфов обнаружили редкие экземпляры средневековых бронзовых нагрудных украшений и передали музейным работникам. Многие горожане приносили и безвозмездно передавали сюда ценные семейные реликвии. И даже символ музея, сигнальный колокол с Орловского маяка, тоже появился здесь не без помощи доброжелателей. Исследователи-естественники заметили его бесхозным на бездорожном и пустынном полуострове Великий и сообщили в музей. Члены географического общества – военные-гидрографы, – доставили колокол морем в



поселок Мишуково на Кольском полуострове, а оттуда автотранспортом в Апатиты.

При всей бурной деятельности музея и его огромном образовательном вкладе, целых десять лет он оставался «самодеятельным». Постановление официально считать его филиалом Музея Географического общества СССР принято было только 25 июня 1980 года. А с 1997 года он получил новые выставочные площади в одном из зданий Кольского научно-культурного центра, где успешно работает и по сей день.

Но музей – это не только стенды и экспонаты. Это еще и уникальные архивные материалы, которые содержатся в фондах и библиотеках. Ценнейшую библиотеку Музея-Архива, фонд редкой книги которой сегодня насчитывает более 500 экземпляров, сформировали на основе трех частных книжных собраний по истории изучения и освоения Европейского Севера – книг Гавриила Рихтера, Павла Виттенбурга и Александра Ферсмана, а также первых прижизненных трудов и произведений исследователей Кольского полуострова. Именно им и посвящен сборник Ольги Шабалиной: на его страницах мы находим биографии, экспеди-



Сигнальный колокол, символ Музея-Архива

Владимир Чарнолуцкий

ционно-графические хроники и историю взаимодействия трех важнейших исследователей Кольского края – Владимира Владимировича Чарнолуцкого, Василия Кондратьевича Алымова и Якова Алексеевича Комшилова.

Жизнь этих людей сложилась по-разному.

Владимир Чарнолуцкий, выходец из семьи ученого, художник по первому образованию, географ и этнограф по второму, с 1922 года изучал жизнь людей Севера, работая в Государственном Русском географическом обществе и в Оленеводческом институте ВАСХНИЛ. В конце тридцатых был репрессирован, отбывал в трудовом лагере, работал даже пастухом... С огромным трудом возвращался в науку, вновь приезжал на Кольский Север. Его книга «В краю летучего камня» вышла уже после кончины автора в 1969 году.

Василий Алымов, исследователь быта саамов, приехал в Мурманск в 1922 году как лектор совпартшколы и остался работать уголовным следователем, занимал разнообразные руководящие должности, был председателем Комитета Севера и Общества изучения Мурманского края, возглавлял Мурманский кра-



Иоган Эйхфельд,  
Борис Кошечкин  
и Евгения Пация

еведческий музей. Будучи энергичным и смелым человеком, Алымов много путешествовал по самым отдаленным местам края, общался и дружил с коренным населением, выезжал к саамам в погосты и на стойбища, собирал народный фольклор. Все записанные в экспедициях Василием Кондратьевичем саамские сказки вошли в сборник сотрудника Музея-Архива Евгении Пация 1980 года издания. А жизнь Василия Алымова оборвалась в 1938 году. Известный общественный деятель, знаток и хранитель саамской культуры был расстрелян после обвинения в участии «в контрреволюционной финской националистической организации».

Яков Алексеевич Комшилов окончил художественное училище имени Штиглица. После революции его жизнь была связана с судопроизводством. В Мурманске он работал судьей, нотариусом, параллельно занимался организацией архивной службы, а в 1922 году был назначен заведующим губернским архивом. Во время войны служил в органах юстиции, одновременно стал членом Союза советских художников области, после войны руководил областным партархивом. Все эти годы Яков Комшилов занимался исследовательской ра-

ботой: изучал материальную культуру и быт саамов, много рисовал, иллюстрировал тексты сказок. Ушел из жизни в 1964 году. В 2018 года в областном издательстве «РУС-МА» был выпущен художественный альбом «Яков Комшилов. Прогулки по Мурманску» с живописным наследием автора. Его рисунками сопровождается раздел в новом издании «Страницы истории...».

В ней мы находим и очерки, рисунки с разъяснительными подписями, личную переписку с коллегами, словарики терминов из саамского языка и многие другие документы, позволяющие не просто представить ход экспедиционной работы на Севере первой трети XX века, но и сам уклад жизни на нашей, тогда еще только осваиваемой территории. Ценность таких сведений, аккуратность и тщательность подбора материала невозможно переоценить!

Книга представляет значительный интерес для историков, этнографов, антропологов, школьников и студентов, краеведов и гидов. Словом, для всех, кто интересуется документальной историей Кольского края.

*Подготовила Наталья Чернова,  
фотографии со страниц книги*

## АРКТИКА И ГАЗ: ВЫШЛА В СВЕТ НОВАЯ МОНОГРАФИЯ ОТ ИЭП КНЦ РАН<sup>1</sup>

Издательство Кольского научного центра выпустило монографию «Российский арктический газовый комплекс: основные проблемы и перспективы развития». Ее автор – и.о. руководителя отдела экономической политики, морской и хозяйственной деятельности в Арктике и районах крайнего Севера Института экономических проблем им. Г. П. Лузина, старший научный сотрудник, кандидат экономических наук Михаил Ульянов.

Книга Михаила Васильевича посвящена вопросам добычи российского природного газа в Арктике. Автор дает общее понимание ситуации, в которой существуют отечественные арктические углеводородные проекты. Рассматриваются вопросы климатических изменений в Арктике, поскольку глобальное изменение климата в первую очередь отражается на заполярных территориях, что несет с собой как риски, так и ряд новых возможностей, например улучшение ледовой обстановки в акваториях пролегания трассы Северного морского пути. Подробно освещаются вопросы логистики и общий вектор освоения Арктической зоны Российской Федерации.

Отдельные главы посвящены структуре мирового газового рынка и месту, которое там занимает Россия. Это становится особенно актуальным в новых геополитических условиях и при санкционном давлении, которое испытывает отечественная нефтегазовая отрасль. Ученый учитывает тренды по декарбонизации, которых придерживаются как российские, так и зарубежные компании. Отдельно он разбирает вопрос о шельфовых арктических проектах, так как именно на шельфе расположены крупнейшие запасы природного газа.

Особый интерес представляет сценарный прогноз по добыче природного газа в Российской Арктике, предлагающий определен-



ные объемы добычи по всем ключевым отечественным газовым арктическим проектам на 2025, 2030 и 2040 годы в зависимости от ряда анализируемых факторов. При этом учитываются самые новейшие тенденции в этой отрасли.

В электронном виде с монографией можно ознакомиться [на сайте редакционно-издательского отдела КНЦ РАН](#). Книга будет интересна научным работникам, аспирантам, студентам, государственным служащим, специалистам отрасли и всем, кто интересуется текущим состоянием и прогнозами по развитию российских арктических нефтегазовых проектов.

*Подготовил Константин Данилин*

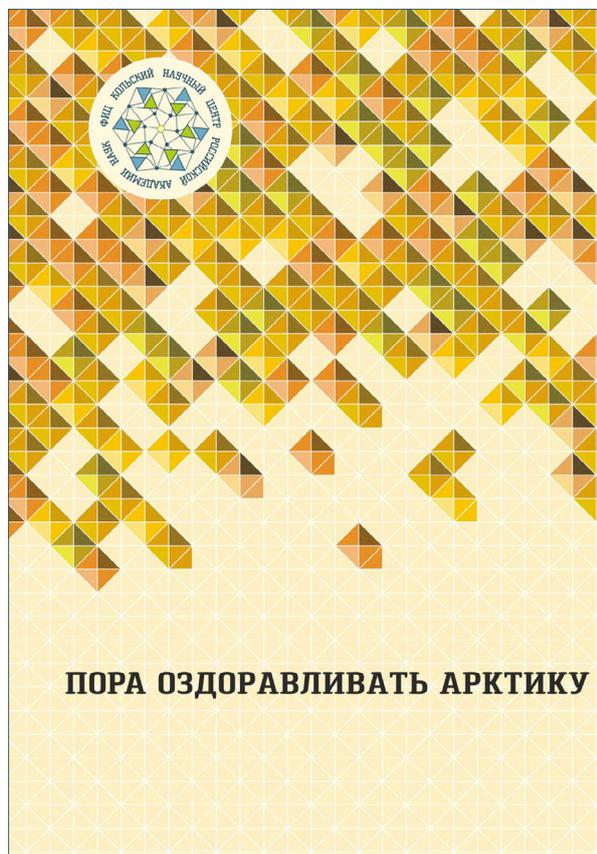
1. Впервые опубликовано [на сайте ФИЦ КНЦ РАН](#)

# ПОРА ОЗДОРАВЛИВАТЬ АРКТИКУ: КАК ОЧИСТИТЬ И ВОССТАНОВИТЬ ЗАГРЯЗНЕННЫЕ НЕФТЬЮ ТЕРРИТОРИИ С ПОМОЩЬЮ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ<sup>1</sup>

Издательство Кольского научного центра опубликовало третью книгу из серии «ПОРА озеленять / очищать / оздоравливать Арктику», создаваемой по инициативе и при поддержке Проектного офиса развития Арктики. В работе над брошюрой «**ПОРА оздоравливать Арктику. Биологические способы очистки и восстановления нефтезагрязненных территорий**» приняли участие сотрудники Института проблем промышленной экологии Севера и Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина.

Авторы придерживаются твердого убеждения, что Арктику необходимо рассматривать не только как колоссальную по своим запасам минеральную сокровищницу, но и как регион с уникальной и хрупкой природой, от которого во многом зависит климат всей Земли, а значит, освоение этой сокровищницы должно идти с оглядкой на сохранение биоразнообразия арктических экосистем. В последние годы к «традиционным» источникам опасности для местной природы добавился риск загрязнения нефтепродуктами – это связано и с увеличением объема грузоперевозок, и с продолжающимся освоением ранее нетронутых территорий, и с обветшанием старых хранилищ. Восстановиться от такого загрязнения естественным путем экосистемы могут, но процесс этот очень сложен и неспешен, а в условиях Арктики еще более усложняется в связи с климатическими условиями и низкой биологической активностью.

Книга посвящена биоремедиации, то есть очистке и восстановлению почвы от загрязнения нефтепродуктами с помощью микроорганизмов, активно потребляющих углеводороды. Такой способ имеет большие перспективы, но в северных регионах применяется редко.



Основываясь на многолетних наблюдениях и экспериментах в Мурманской области, ученые предлагают ускорить и интенсифицировать процесс биоремедиации путем высадки на загрязненных участках устойчивых к нефти и нефтепродуктам растений.

Перед тем как изучать процесс очистки почвы от нефтепродуктов, стоит разобраться, что они из себя представляют. Авторы кратко объясняют, из чего состоит нефть и каковы ее свойства, как влияют нефтепродукты на природные объекты, описывают основные причины и последствия нефтезагрязнений. К сожалению, пока в России нормативная база,

1. Впервые опубликовано [на сайте ФИЦ КНЦ РАН](http://na сайте ФИЦ КНЦ РАН)

касающаяся нефтепродуктов в почве, разработана слабо и на федеральном, и на региональном уровне. Свои рекомендации по этому поводу ученые подкрепляют и теоретическими выкладками, и практическими наблюдениями.

Основной объем книги составляет хорошо структурированное изложение проработанных в течение более чем десяти лет технологий биостимуляции, биоаугментации и сорбционно-биологической очистки и восстановления загрязненных нефтепродуктами почв Мурманской области. Фотографии «до», «в процессе» и «после», графики и суммирующие таблицы помогают понять, чем отличаются эти технологии и в каких случаях они наиболее эффективны. Предложенные авторами методы

биологической очистки полезны и при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, и при очистке старых загрязнений для сокращения площади территорий с накопленным экологическим ущербом.

Четкая структура и простой язык позволяют использовать брошюру как методическое пособие для организаций, занимающихся ликвидацией разливов нефтепродуктов, а также экологических служб нефтедобывающих и транспортных компаний. Однако издание будет полезно и тем, кто интересуется процессами загрязнения и очистки почв «для собственного развития», студентам экологических вузов и старшекласников.

*Подготовила Надежда Щур*

## МЕТОД ЭФФЕКТИВНОГО И ЭКОНОМИЧНОГО ПОЛУЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ЭВДИАЛИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА ЛОВОЗЕРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ<sup>1</sup>

В издательстве Кольского научного центра вышла в свет монография **«Переработка эвдиалитового концентрата методом сорбционной конверсии»**. Ее авторы – научные сотрудники Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева доктор технических наук Эфроим Локшин и кандидат технических наук Ольга Тареева.

Редкоземельные элементы широко применяются в оптике и атомной отрасли, для производства солнечных батарей и конденсаторов, сверхкрепких, жаро- и коррозионностойких сплавах, и потребность в этом сырье постоянно растет. Цирконий – один из наиболее активно применяемых редкоземельных элементов. Сейчас его производят в основном из цирконо-

вого концентрата, добыча которого и в России (Ковдорское месторождение), и в Южной Африке (месторождение Palaborwa) в малой степени покрывает эту потребность. Основное количество цирконовых концентратов производится при обогащении песков прибрежноморских россыпей Австралии, Индии, Бразилии, Соединенных Штатов Америки, Китая и ЮАР, а в России основные запасы «активного» циркония содержатся в погребенных россыпях и коренных месторождениях, и добывать его крайне трудно и дорого. Поэтому возрастает интерес к эвдиалиту, содержащему кроме циркония и гафния заметные концентрации других редкоземельных элементов, ниобия и тантала. Месторождения эвдиалита существуют в России (Ловозерские тундры в Мурманской обла-

1. Впервые опубликовано [на сайте ФИЦ КНЦ РАН](#)

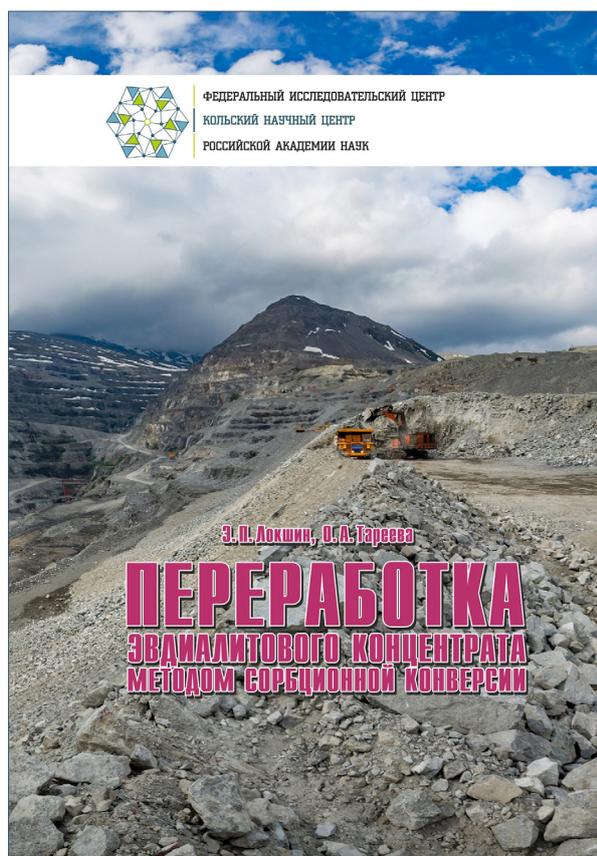
сти и Тува), Гренландии, Швеции, Австралии, Канаде, на Мадагаскаре и в США.

В Ловозерском массиве Мурманской области эвдиалит является породообразующим минералом комплекса эвдиалитовых люавритов. Большие запасы руды, залегание ее в уже освоенном районе, относительная простота добычи и получения эвдиалитового концентрата, возможность дополнительного получения лопаритового концентрата определяют интерес к разработке методов ее переработки.

Основные минералы эвдиалитового концентрата: эвдиалит  $\text{Na}_4(\text{Ca}, \text{Ce})_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}, \text{Y})\text{ZrSi}_8\text{O}_{22}(\text{OH}, \text{Cl})_2$ , лопарит  $(\text{Ce}, \text{Na}, \text{Ca})_2(\text{Ti}, \text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$ , нефелин  $(\text{Na}, \text{K})\text{AlSiO}_4$ , лампрофиллит  $\text{Na}_2(\text{Sr}, \text{Ba})_2\text{Ti}_3(\text{SiO}_4)_4(\text{OH}, \text{F})$ , альбит  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , эгирин  $\text{NaFe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$ . Большое содержание в нем «балластных» элементов (прежде всего кремнезема и щелочных металлов), наличие ряда сопутствующих минералов, а также тория и урана, усложняют разработку эффективной комплексной технологии его переработки. Особое внимание при ее разработке необходимо уделить утилизации главных примесных компонентов: кремнезема и щелочных металлов, иначе количество образующихся отходов будет сопоставимо с количеством перерабатываемого концентрата.

С 1930-х годов в Кольском научном центре изучают Ловозерский массив, его породы и минералы, пути их добычи, переработки и применения. Обобщив материалы, полученные в оригинальных исследованиях, ученые разработали научную основу комплексной переработки российского эвдиалитового концентрата, полученного в опытно-промышленном порядке на Ловозерском горно-обогатительном комбинате из руды месторождения Аллуайв. Работы проводили в рамках государственного задания «Разработка эффективных методов получения функциональных материалов на основе соединений редких металлов».

Авторы исследовали химический состав основных минералов эвдиалитового концентрата и определили, как распределяются редкие и радиоактивные элементы между входящими в состав эвдиалитовых руд минералами. В книге также подробно рассмотрены сернокис-



лотные, азотнокислотные, солянокислотные, щелочные и пирометаллургические методы переработки концентрата, описана методика эксперимента, описаны особенности извлечения редких элементов из кремнегелей и кремнезелей.

Предложенная методика переработки основана на сорбционной конверсии, при которой концентрат разлагается разбавленными растворами минеральных кислот в присутствии сульфокатионита. Помимо сорбента, насыщенного редкоземельными металлами, получают кислотные растворы, содержащие кремнезем – перспективное сырье для производства вспененных теплоизоляционных материалов. После сорбционной регенерации растворы можно использовать повторно, что позволяет практически полностью исключить расход кислот и образование жидких отходов. Эта методика позволяет получать отдельные нерадиоактивные концентраты редкоземельных элементов, циркония (гафния) и ниобия, использовать для получения товарной продук-

ции кроме кремнезема также щелочные металлы, содержащиеся в породе, максимально снизить расход реагентов и количество твердых отходов, представляющих собой неразлагающиеся в процессе минералы (лопарит, полевые шпаты, эгирин) и содержащий торий примесный кек на основе гидроксидов железа, алюминия и титана.

Исследователи определили оптимальные составы реагентов для разложения концентрата и условия протекания реакций, обеспечивающие высокое извлечение редких металлов, и предложили пути снижения потерь полезных веществ. Как отмечают авторы, обеспечить одновременное максимальное извлечение всех ценных компонентов из эвдиалитового концентрата при его сорбционной конверсии принципиально невозможно. Поэтому они ре-

комендуют выбирать условия проведения процесса исходя из соображений экономической целесообразности. Результаты исследования можно применить и для разработки технологий переработки зарубежных эвдиалитовых концентратов, качество которых уступает российскому.

Монография предназначена для инженерно-технических работников химической и металлургической промышленности, научных работников, предпринимателей, интересующимся проблемами получения редких металлов из минерального сырья, преподавателей и студентов высших учебных заведений, обучающихся по соответствующим направлениям.

Подготовила  
Вероника Данилина

## УЧЕНЫЕ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАССКАЗАЛИ О НАУЧНОЙ ДИПЛОМАТИИ В АРКТИКЕ<sup>1</sup>

Издательство КНЦ РАН выпустило коллективную монографию **«Научная дипломатия в Арктике: платформы, практики, новые вызовы»**. Ее авторами стали начальник международного отдела Кольского научного центра РАН, научный сотрудник Института экономических проблем им. Г. П. Лузина Юлия Заика, заместитель директора по научной работе, заведующая отделом социальной политики на Севере ИЭП КНЦ РАН Лариса Рябова и профессор кафедры теории и истории международных отношений факультета международных отношений Санкт-Петербургского государственного университета Александр Сергунин.

В последние десятилетия в связи с обретением наукой не только хозяйственно-производительного, но и дипломатического значения сформировалась новая сфера международного общения – научная дипломатия. В арктическом регионе находится несколько государств, которым необходимо строить со-



1. Впервые опубликовано [на сайте ФИЦ КНЦ РАН](#)

вместный диалог, поэтому в Арктике научная дипломатия играет очень важную роль. Однако сама дисциплина еще не до конца сформировала свой методологический аппарат, и работы в этом направлении ведутся учеными активно по всему миру.

Новая книга – это своего рода «ревизия» существующих в Арктике институтов научного сотрудничества, их инвентаризация. Авторы описали текущее положение дел и предположили дальнейшие пути развития ситуации и трансформации научной дипломатии как дисциплины. Таких комплексных трудов не появлялось ранее и за рубежом.

Монография состоит из четырех глав. Первая глава дает теоретическую основу для понимания самой сущности научной дипломатии и ее места в современной системе международных отношений. Во второй и третьей главах изложены глобальные и региональные аспекты арктической научной дипломатии. Четвертая посвящена научной дипломатии именно в России. Благодаря богатому личному опыту соавторов и четкой логике повествования даже малоосведомленный читатель сможет понять ее значение в современном мире. В частности, Лариса Рябова живо описала работу международного путешествующего семинара Академия Калотта, в организации которого Институт

экономических проблем принимает активное участие, а также другие примеры из богатой истории международного научного сотрудничества Кольского научного центра.

“ Кольский научный центр – это один из важнейших институтов научной дипломатии в российской Арктике и на международном уровне, – напоминает Юлия Заика. – Поэтому важной задачей центра является укрепление, развитие и наращивание международной составляющей не только за счет публикаций такого рода, как наша монография, но и развития других активностей. Самый свежий пример – серия онлайн-семинаров по международному сотрудничеству с нашими и приглашенными экспертами. Это своего рода дискуссионная площадка, в рамках которой мы можем активно обсуждать планы и возможности и объединять наши усилия.

Как отмечает Юлия Валерьевна, информация о книге дошла до зарубежных коллег, которые попросили перевести ее на английский. Сейчас соавторы ищут возможности для перевода.

Подготовила Надежда Щур

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА ИМАНДРА В НОВОЙ КНИГЕ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА<sup>1</sup>

В издательстве Кольского научного центра вышел первый том издания **«Экологическое состояние озера Имандра»** под редакцией доктора биологических наук, члена-корреспондента РАН Татьяны Моисеенко, доктора географических наук Владимира Андреевича Даувальтера и кандидата географических наук Сергея Степановича Сандиминова. Моногра-

фия посвящена гидролого-геохимическим условиям и подготовлена коллективом авторов Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН и Полярного геофизического института.

Это далеко не первая работа по теме: с 1980 года ученые Кольского научного центра проводят мониторинг и анализ изменений эко-

1. Впервые опубликовано [на сайте ФИЦ КНЦ РАН](#)

логического состояния озера в условиях антропогенного воздействия. За 33 года вышло девять коллективных монографий, соавтором и редактором большинства также выступала Татьяна Моисеенко. Историю исследований озера Имандра – не только последних 40 лет, но и начиная с самой первой научной работы Николая Васильевича Кудрявцева 1882 года – излагает первая глава книги. По ней можно оценить, как смещался фокус внимания исследователей в последние десятилетия.

Каждая из семи глав снабжена отдельным списком литературы, что позволяет заинтересованному читателю обратиться к источникам по конкретной теме. Вторая глава описывает материалы и методы исследований экологического состояния Имандры, регулярно проводимых коллективом Института проблем промышленной экологии Севера на постоянных мониторинговых площадках и в единичных точках, а также критерии выбора таких точек.

В третьей главе описаны климатические ресурсы озера: влажность и ветер, атмосферные осадки и облачность. Помимо современного состояния приведены также тренды долговременного изменения температуры и основанные на них прогнозы до 2050-х годов. Поскольку озеро протянулось далеко с севера на юг, климатические показатели самых южных и северных его районов различаются. Но не стоит сбрасывать со счетов и микроклиматические особенности, в частности, влияние рельефа и подстилающей поверхности, в связи с которыми характеристики могут существенно различаться даже на расстоянии в пару сотен метров и не всегда соответствовать широтным трендам.

На берегах озера расположены четыре крупных промышленных города: Оленегорск, Мончегорск, Апатиты и Полярные Зори, большое влияние на водосбор оказывают также Кировск и Ковдор. Антропогенной нагрузке посвящена четвертая глава монографии. Основными причинами изменений состояния озера авторы называют горнодобывающую и металлургическую промышленность, энергетический комплекс, а также хозяйственно-бытовые стоки и аэротехногенное загрязнение.



В пятой главе дана характеристика гидрологического режима озера Имандра, находящаяся под серьезным влиянием энергетических объектов: гидроэлектростанции Нива-1 и Кольской АЭС.

Довольно объемной получилась шестая глава, в которой авторы описывают гидрохимические характеристики озера: основной ионный состав воды, соотношение ионов и сезонную динамику минерализации и ионного состава, водородный показатель, содержание биогенных и микроэлементов, органического вещества. Ученые оценивают динамику начавшейся еще в 1930-е годы техногенной трансформации этих показателей и выделяют роль в ней промышленных и энергетических предприятий. Вторая задача, которую они поставили перед собой, – это определение фоновых значений основных гидрохимических параметров водоема.

Самой большой и самой подробной стала глава «Химический состав донных отложений». Донные отложения содержат важную информацию как о современных климатических, геохимических и экологических услови-

ях, так и составляют своеобразную летопись изменений этих условий на протяжении всего существования водоема. Палеоэкологические исследования, которые Институт проблем промышленной экологии Севера проводит на протяжении многих лет, во многом опираются на состав донных отложений. Учеными накоплен большой массив данных о динамике состава донных отложений большинства водоемов Мурманской области. Детально описаны результаты исследований последних десяти лет, в частности, минералогических. Благодаря им удалось реконструировать механизм образования аутигенных минералов, формирующихся внутри донных отложений в специфических условиях, выявить минералы, попавшие в водоем в результате выветривания коренных пород, и техногенные минералы, образованные в процессе горно-металлургического производства, например, сульфид

железа пирит. Интересные техногенные минеральные частицы с высоким содержанием меди и никеля, обнаруженные в отложениях озера Нюдъявр, могут быть в дальнейшем выявлены и в Имандре.

Текст сопровождается большим количеством таблиц и графиков, все встречающиеся в нем термины объясняются на простом, но не примитивном уровне, а все сокращения для удобства читателя вынесены в отдельный список в начале книги. Изложенная авторами информация и выводы будут интересны не только узкому кругу специалистов в области гидрохимии, геохимии и экологии, но и студентам разных направлений, изучающим историю промышленного освоения Мурманской области, ее природу и климат.

*Подготовила  
Надежда Щур*

## ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА ВАСИЛЬЕВИЧА ЛОВЧИКОВА

8.11.1939 – 11.05.2023

## IN MEMORY OF ALEXANDER VASILIEVICH LOVCHIKOV

8.11.1939 – 11.05.2023

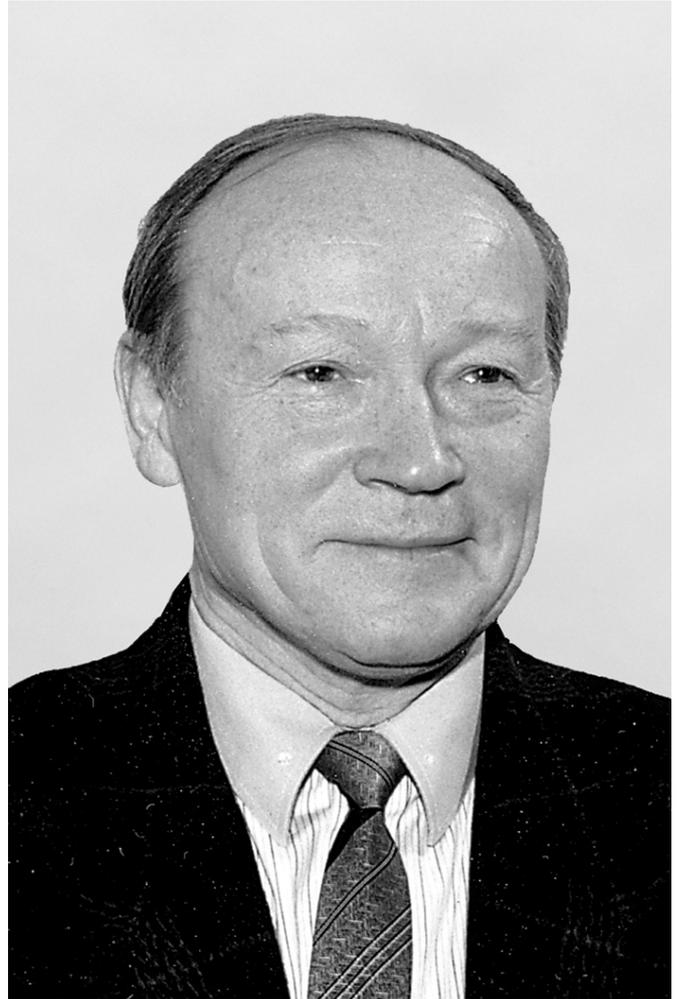
11 мая на 84-м году жизни от нас ушел доктор технических наук Александр Васильевич Ловчиков.

С момента окончания Ленинградского горного института в 1962 году Александр Васильевич работал в Горном институте КНЦ РАН, пройдя путь от младшего до главного научного сотрудника. Кандидатскую диссертацию он защитил в 1971 году, докторскую – в 1998 году.

Александр Ловчиков был известным советским и российским ученым в области механики горных пород и обеспечения безопасности разработки удароопасных месторождений. Он руководил и являлся исполнителем научно-исследовательских работ по государственному заданию, в том числе оборонной тематики, контрактов с горнодобывающими предприятиями Мурманской области, научных проектов РФФИ.

В течение 40 лет входил в состав постоянной комиссии по горным ударам Ловозерского ГОКа. Был членом ученого и диссертационного советов Горного института. Вел преподавательскую деятельность в университетах Мурманской области.

Александр Васильевич стал автором и соавтором 193 научно-технических статей и четырех монографий о разработке удароопасных месторождений. Его достижения были отмечены почетными грамотами Кольского научного центра и Российской академии наук, отраслевыми знаками «Шахтерская слава» II и III степеней, «Горняцкая слава» трех степеней и медалью КНЦ РАН.



Его всегда отличали трудолюбие, инициатива, преданность науке, ответственность и принципиальность. Светлая память об этом прекрасном человеке навсегда останется в сердцах тех, кто работал и общался с ним. Выражаем глубокие соболезнования родным и близким!

# ПАМЯТИ ЮРИЯ НИКОЛАЕВИЧА НЕРАДОВСКОГО

25.04.1940 – 20.06.2023

## IN MEMORY OF YURI NIKOLAEVICH NERADOVSKY

25.04.1940 – 20.06.2023

20 июня на 84-м году жизни скончался ведущий научный сотрудник Геологического института, кандидат геолого-минералогических наук Юрий Николаевич Нерадовский.

Юрий Николаевич родился 25 апреля 1940 года в Кандалакше, в том же городе начался его трудовой путь. В 1957 году он получил специальность слесаря в школе ФЗО, попутно окончил вечернюю школу рабочей молодежи, совмещая обучение с работой на Кандалакшском механическом заводе. После службы в армии поступил на геологический факультет Ленинградского горного института. С 1968 года, после успешного окончания вуза, он начал свою научную деятельность в лаборатории рудных месторождений Геологического института КФАН СССР в должности старшего лаборанта, а в 1970 году стал младшим научным сотрудником.

В 1976 году после окончания аспирантуры Юрий Нерадовский защитил кандидатскую диссертацию на тему «Минералогия вкрапленных сульфидных медно-никелевых руд в серпентинитах Печенгского рудного поля (на примере западного фланга)». В 1988 году ему присвоили ученое звание старшего научного сотрудника.

В 1991 году он возглавил вновь образованный сектор технологической минералогии медно-никелевого и платиноидного сырья, с 1999 по 2008 год вел большую научно-административную работу на посту ученого секретаря Геологического института, а с 2008 года до последних дней руководил группой технологической минералогии и работал в должности ведущего научного сотрудника.



Юрий Николаевич занимался изучением свойств микро- и наноразмерных частиц благородных и других металлов, минералогией и технологией переработки кианитовых руд месторождений Кейв, технологиями переработки титано-магнетитовых руд и отходов медно-никелевого производства, а также хибинских фосфорных руд по договорам с АО «СЗФК» и АО «Апатит». Активно участвовал в исследованиях по приоритетным программам Отделения наук о Земле и Президиума РАН, грантам

Российского фонда фундаментальных исследований. Полученные им данные способствовали установлению условий извлечения из отходов цветных металлов гидрометаллургическим путем без использования автоклавных способов и предварительного обжига. В ходе совместных работ с сотрудниками Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья он получил несколько патентов.

Опубликовал более 200 работ, из них восемь монографий. На протяжении многих лет Юрий Нерадовский участвовал в организации и проведении международных геологических

экскурсий по Мончеплутону, вел активную педагогическую деятельность в аспирантуре Геологического института, Апатитском филиале МГТУ и Кольском филиале ПетрГУ (МАГУ). Его достижения в научной и научно-организационной деятельности были отмечены медалью «Ветеран труда», Почетной грамотой РАН. В 2022 году удостоился почетного звания Заслуженного работника города Апатиты.

Коллеги Юрия Николаевича навсегда сохранят светлую память о нем как о прекрасном специалисте, хорошем и верном товарище, интересном собеседнике, обаятельном и позитивном человеке.

## ПАМЯТИ ЛЮДМИЛЫ АЛЕКСАНДРОВНЫ САФОНОВОЙ

25.01.1947 – 30.07.2023

## IN MEMORY OF LYUDMILA ALEXANDROVNA SAFONOVA

25.01.1947 – 30.07.2023

30 июля после тяжелой болезни скончалась одна из старейших сотрудниц Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья Людмила Александровна Сафонова.

Людмила Александровна более 50 лет проработала в лаборатории химии и технологии сырья тугоплавких редких элементов. Начала она в 1969 году в должности препаратора, а после окончания Щелковского химико-ме-



ханического техникума в 1975 году была переведена на должность старшего лаборанта, а затем технолога.

Трудовая деятельность Людмилы Сафоновой была неразрывно связана с задачами, которые стояли перед лабораторией. Она принимала участие в разработке технологии сфенового, лопаритового, перовскитового концентратов, а в последнее время занималась экстракционным выделением редких элементов из технологических растворов. Долгие годы она была «руками» лаборатории: благодаря ее аккуратности и добросовестности на результаты экспериментов всегда можно было положиться. Она всегда активно помогала молодым сотрудникам в освоении методик проведения экспериментов и обработке полученных результатов, делилась своим опытом и знаниями.

Трудно найти в институте человека, который бы не знал Людмилу Александровну. Ее душа всегда была широко распахнута, она всегда была готова поделиться своими радостями и горестями, выслушать и прийти на помощь любому. Ее оптимизму и жизнелюбию можно было только позавидовать.

В лаборатории она всегда была душой компании. Общительная, жизнерадостная, дружелюбная, с искрометным юмором, позитивная. Она всегда улыбалась, и каждому в отдельности, и всему миру. Институт потерял не только квалифицированного сотрудника, но и друга. Память о Людмиле Александровне навсегда останется в наших сердцах.

## ПАМЯТИ ВАДИМА КОНСТАНТИНОВИЧА КИТАЕВА

20.09.1937 – 24.08.2023

## IN MEMORY OF VADIM KONSTANTINOVICH KITAEV

20.09.1937 – 24.08.2023

24 августа ушел из жизни один из старейших сотрудников Горного института Кольского научного центра РАН Вадим Константинович Китаев.

После окончания Архангельского коммунально-строительного техникума Вадим Константинович начал свою трудовую деятельность на Кольском полуострове с 1959 года в тресте «Апатитстрой». Прошел путь от мастера, прораба до начальника строительного управления. Возглавлял «Академкольстрой». При его непосредствен-



ном участии происходило строительство корпусов институтов, научно-производственных зданий, гаражей, а также зданий жилого массива Академгородка.

С 1985 года работал заместителем начальника по строительству МГРЭ, а в 1992 году перешел в Горный институт на должность заместителя директора по административно-хозяйственной части. Имея огромный опыт работы, деловые связи Вадим Константинович проявил себя хорошим организатором, умеющим решать любые вопросы, связанные с административно-хозяйственными проблемами института. Вадим Константинович отличался отзывчи-

востью к проблемам коллег, за что снискал уважение сотрудников института, всегда болел душой за порученное дело. До последних дней с 2009 года трудился в должности ведущего инженера.

Светлая память об этом замечательном человеке навсегда останется в сердцах коллег и всех, кто работал и общался с ним.

# ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

Журнал «Вестник Кольского научного центра РАН» ориентирован на информирование широкого круга научной общественности о наиболее значимых итогах исследований ученых Кольского научного центра, популяризацию междисциплинарных работ институтов центра, которые направлены на решение фундаментальных проблем исследований по формированию базы знаний о природной среде Арктической зоны РФ, прикладных исследований по созданию научной основы разработки и реализации рациональной стратегии освоения природного потенциала Севера России в интересах хозяйственного, социально-экономического и культурного развития региона.

В журнале представлен широкий спектр материалов о научной жизни Кольского научного центра РАН и принципиально важных событиях его истории и памяти выдающихся ученых региона, внесших неоценимый вклад в развитие российской науки.

Страницы журнала предоставлены исследователям не только из академических институтов, но и из других научных организаций, вузовской науки, нашим коллегам из ближнего и дальнего зарубежья. Издается с декабря 2009 г.

Материалы для опубликования в журнале «Вестник Кольского научного центра РАН» необходимо направлять по адресу [vestnik2@ksc.ru](mailto:vestnik2@ksc.ru).

Полный архив номеров: [rio.ksc.ru/zhurnaly/vestnik](http://rio.ksc.ru/zhurnaly/vestnik). Страница журнала: [ksc.ru/issledovaniya/zhurnaly/vestnik](http://ksc.ru/issledovaniya/zhurnaly/vestnik).

## Структура статьи

Статья должна быть ясно изложена и четко структурирована. При этом в ее структуру необходимо включить следующее:

- **УДК.** УДК-код подбирается с учетом тематики научного направления статьи согласно актуальным таблицам уни-

версального десятичного классификатора;

- **название статьи, фамилия и инициалы автора(ов), название и адрес учреждения**, от которого подается статья (на русском языке), **электронный адрес автора**, с кем редакция будет вести переписку;
- **аннотация** (на русском языке, объем не более 500 знаков);
- **список ключевых слов** — не более 10 (на русском языке);
- **название статьи, имя и фамилия автора(ов), название и адрес учреждения**, от которого подается статья (на английском языке);
- **аннотация на английском языке**;
- **список ключевых слов** — не более 10 (на английском языке);
- **текст статьи.** В статьях экспериментального характера должны быть следующие разделы: Введение, Материал и методика исследований, Результаты и их обсуждение, Выводы (или Заключение);
- **благодарности**, ссылки на поддержку фондов;
- **список литературы**;
- **подписи** к таблицам, рисункам и фотографиям (на русском и английском языках).

Текст набирается 12-м кеглем шрифтом Times New Roman через 1,5 интервал (без интервалов между абзацами) с полями слева, сверху и снизу – 2,5 см, справа – 1,5 см. Вместо литеры «ё» используется литера «е». Нужно различать употребление дефиса и тире. После точки и запятой всегда следует пробел. Латинские названия видов и родов растений, грибов и животных выделяются курсивом по всему тексту (*Quercus robur*). Авторов таксонов приводить не нужно, но в разделе «Материал и методика исследований» нужно

сослаться на сводки, классификации и проч., по которым приводятся латинские названия таксонов.

Графические материалы (таблицы и рисунки) нумеруются в порядке упоминания их в тексте, если их количество больше одного.

Каждая таблица должна содержать свой заголовок, рисунок – подрисуночную подпись. Возможно использование таблиц, рисунков и фотографий только в пределах ширины страницы 170 мм.

Графический материал (таблицы и рисунки) представляются отдельным файлом/файлами. Файл с текстом статьи должен включать рисунки и таблицы.

Для рисунков тип файла рисунок jpeg или tiff разрешением не менее 300 dpi. Качество рисунка должно обеспечивать четкость передачи всех деталей. Обозначения кривых и на осях графиков должны быть набраны достаточно крупным шрифтом.

Все формулы должны быть созданы с использованием компонента Microsoft Equation или в виде четких картинок.

Абсолютно недопустимо использование Equation Editor внутри текста с целью сохранения неизменных межстрочных интервалов.

В качестве разделителя в десятичных дробях используется точка, а не запятая.

Все сокращения должны быть расшифрованы, за исключением небольшого числа общепотребительных: названия мер, физических, химических и математических величин и терминов и т. п. Все величины должны быть выражены в единицах измерения, утвержденных ГОСТами или в Международной системе единиц (СИ). Названия учреждений при первом упоминании их в тексте даются полностью и сразу же в скобках приводится общепринятое сокращение, при повторных упоминаниях дается сокращенное название учреждений.

Отсылки на затекстовую библиографическую ссылку в списке литературы выполняются в квадратных скобках с указанием фамилии автора и через запятую года издания. Если цитируется несколько работ, то они перечисляются в хронологическом порядке, например: [Костылева, Бонштедт, 1921 ; Цинзерлинг, 1932 ;

Макаров и др., 2018] (последний пример – если три и более авторов. Другой способ – указывать инициалы и фамилии авторов без скобок, а год издания – в квадратных скобках, например: А. Е. Ферсман [1968] указывал...

## Список литературы

Все упомянутые в тексте источники должны быть приведены в конце рукописи в алфавитном порядке, сначала на русском языке и на языках с близким алфавитом (украинский, болгарский и др.), а затем работы на языках с латинским алфавитом. Надлежит использовать общепринятые сокращения названий журналов. Указываются все авторы цитируемой публикации независимо от их количества.

Используются затекстовые библиографические ссылки, внутритекстовые и подстрочные ссылки не рекомендуются (в крайнем случае, допускаются ссылки небиблиографического научного характера, например ссылка на ГОСТ, историографический акт и т. п.).

В список литературы не включаются неопубликованные работы и учебники.

Обязательным условием является указание в списках литературы DOI для тех работ, у которых он есть.

Для книг, в том числе монографий, приводятся фамилия автора, инициалы, полное название книги, место и год издания, общее число страниц. Если книга цитируется по названию, то авторы не приводятся, но через одну косую указывают ответственного редактора (редакторов).

## Примеры

Ферсман А. Е. Воспоминания о камне. М.: Молодая гвардия, 1953. 194 с.

История формирования рельефа и рыхлых отложений северо-восточной части Балтийского щита / отв. ред. С. А. Стрелков, М. К. Граве. Л.: Наука, 1976. 164 с.

Knorre D. G., Laric O. L. Theory and practice in affinity techniques / Eds. P. V. Sundaram, F. L. Eckstein. N. Y.: San-Francisco: Acad. Press, 1978. P. 169–188.

Статьи в журналах, трудах конференций, разделы монографий оформляются следующим образом: фамилия и инициалы автора (авторов), название работы (статьи, раздела и т. д.), две косые, название журнала (монографии, сборника материалов), год, место издания (для журнала не приводится), том, номер (для журнала), страницы от–до (т. е. первая и последняя страницы публикации).

## Примеры

**Статьи:** Василевич В. И. Незаболоченные березовые леса Северо-Запада Европейской России // Бот. журн. 1996. Т. 81, № 11. С. 1–13.

Grove D. J., Loisesides L., Nott J. Satiation amount, frequency of feeding and emptying rate in *Salmo gairdneri* // J. Fish. Biol. 1978. Vol. 12, No. 4. P. 507–516. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1978.tb04195.x>

Макаров Д. В., Маслобоев В. А., Кошкина Л. Б., Сулименко Л. П., Светлов А. В., Мингалева Т. А., Денисова Ю. Л., Красавцева Е. А. Исследования по обоснованию снижения экологической опасности отходов горнопромышленного комплекса: основные результаты и перспективы научного направления // Тр. Кольского НЦ РАН. Прикладная экология Севера. Вып. 6. 2018. Т. 1, № 4. С. 104–160.

**Раздел книги, монографии:** Мартыненко В. Б., Широких П. С., Мулдашев А. А. Синтаксономия лесной растительности // Флора и растительность Южно-Уральского государственного природного заповедника. Уфа, 2008. С. 124–240.

**Тезисы, материалы конференций:** Чуракова О. В. «Великий северный путь» в проектах и мечтах художника Александра Борисова // Проблемы развития транспортной инфраструктуры Европейского Севера России: материалы Межрегион. науч.-практич. конф. (Котлас, 6–7 апр. 2012 г.). СПб., 2012. Вып. 5. С. 126–132.

Интернет-документы приводятся с указанием режима доступа и даты обращения.

## Примеры

Kristinsson H., Hansen E. S., Zhurbenko M. Panarctic lichen checklist. 2006. URL: <http://archive.arcticportal.org/276/01/Panarctic-lichen-checklist.pdf> (дата обращения: 25.11.2019).

Kusber W.-H., Jahn R. Annotated list of diatom names by Horst Lange-Bertalot and co-workers. 2003. Vers. 3.0. URL: [http://www.algaterra.org/Names\\_Version3\\_0.pdf](http://www.algaterra.org/Names_Version3_0.pdf) (дата обращения: 24.02.2019).

**Диссертации и авторефераты:** после названия работы через двоеточие указывается: автореф. дис. ... канд. хим. наук (д-ра хим. наук), т. е. конструкция «на соискание ученой степени» заменяется многоточием с указанием степени и области научного знания, затем город, год и число страниц.

## Примеры

Светлов А. В. Научное и экспериментальное обоснование методов повышения извлечения цветных металлов из некондиционных медно-никелевых руд и техногенного сырья: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2019. 23 с.

Лозовик П. А. Гидрогеохимические критерии состояния поверхностных вод гумидной зоны и их устойчивости к антропогенному воздействию: дис. ... д-ра хим. наук. Петрозаводск, 2006. 481 с.

**Ссылки на патенты:** Пат. РФ № 2000130511/28. 04.12.2000.

Оптико-электронный аппарат: пат. 212745 Рос. Федерация. 1998. Бюл. № 33.

Пат. 2199734 Рос. Федерация. Способ электрохимического анализа. № 2000130511/28; заявл. 04.12.2000; опубл. 27.11.2002. 2с.

Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить редакционную правку, в том числе в название работы. В печать передаются только доработанные и отредактированные рукописи.



**КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР**

184209, Мурманская область, г.Апатиты, ул.Ферсмана, 14

**KOLA SCIENCE CENTRE**

14, Fersman str., Apatity, Murmansk region, 184209, RUSSIA

